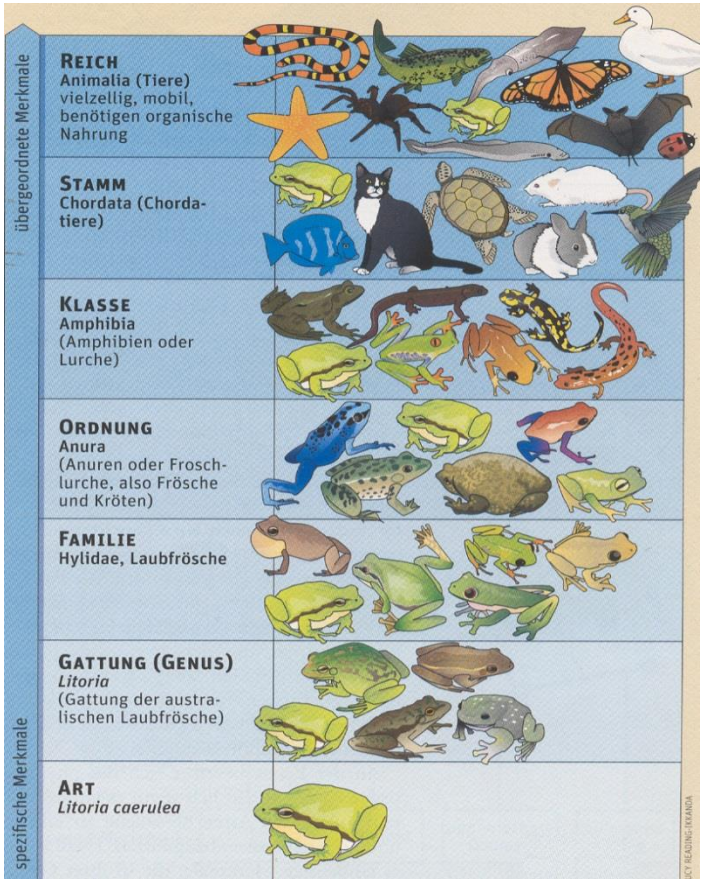
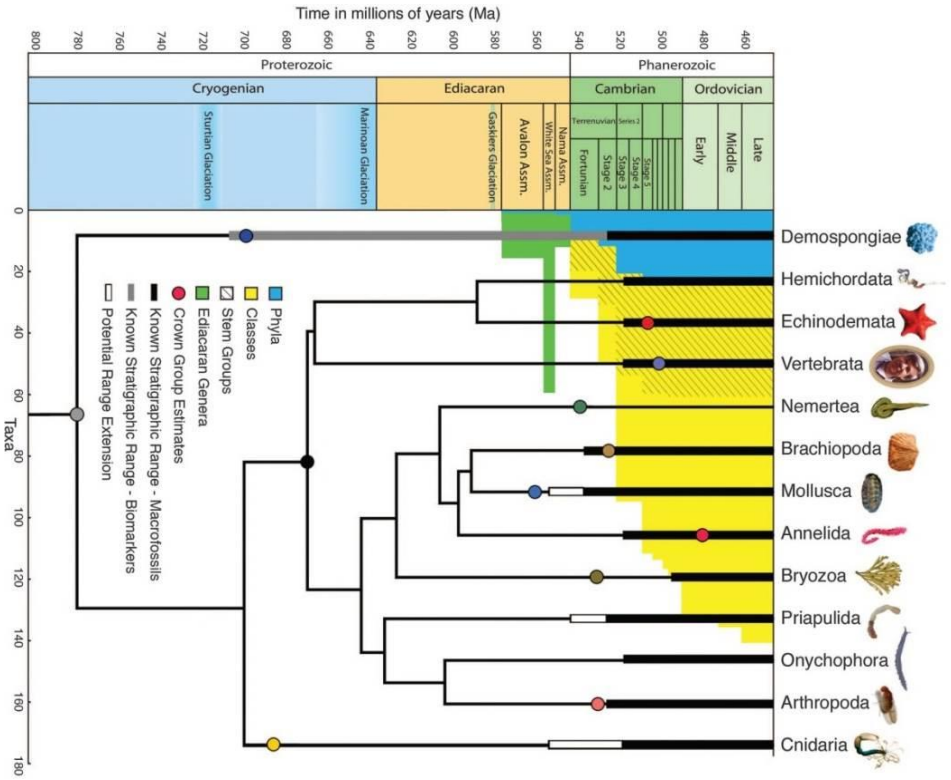
Systematische Zoologie
– oder Zoologische Systematik



- **eine Einführung ins Reich der Tiere**



Matthias Glaubrecht

CeNak
Centrum für Naturkunde

Systematische Zoologie

- **Die Vorlesung – *Was werden Sie hören ?***

Biodiversität der Tiere 9:45-11:15 Großer Hörsaal
61-011 Systematische Zoologie

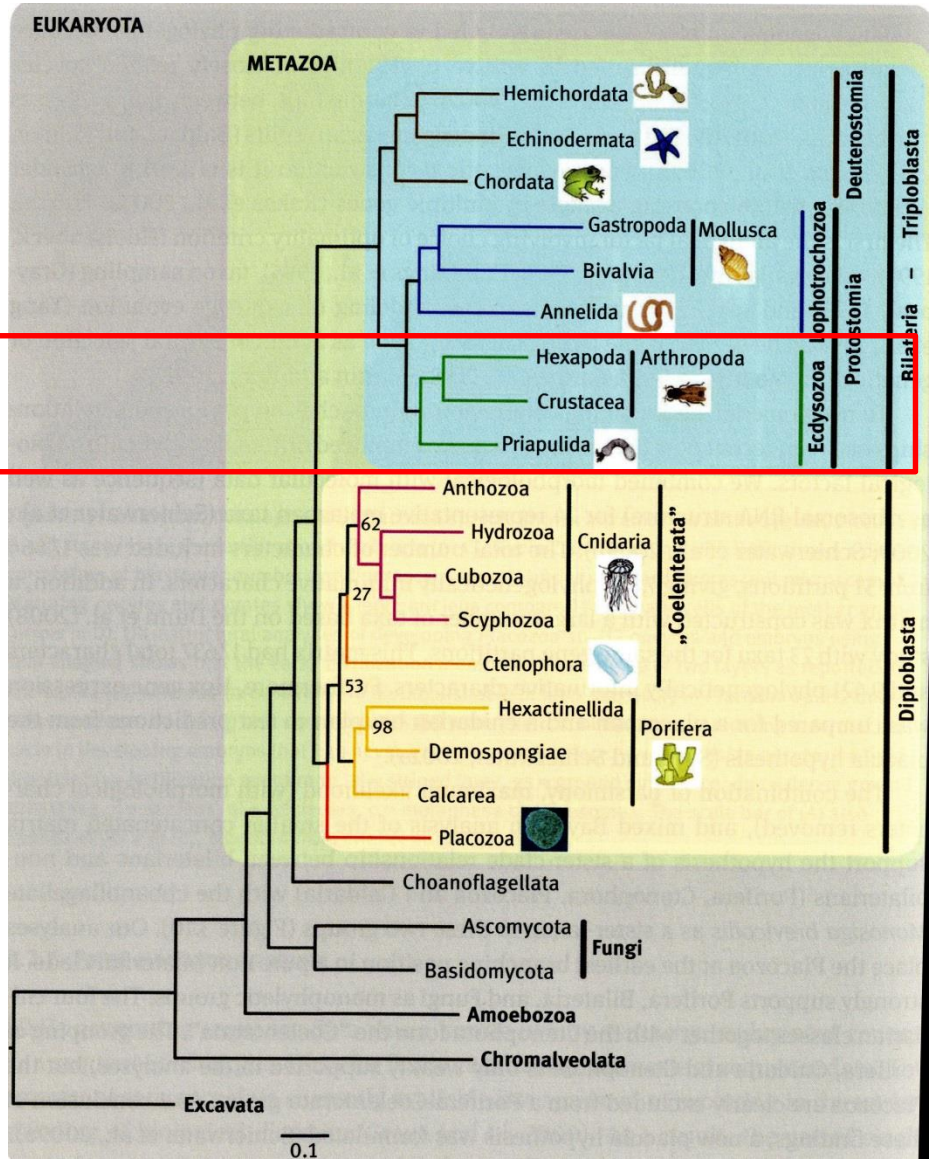
Termin	KW	Datum	Thema	
1	14	2. Apr.	Einführung Zool. Systematik, Protista	
2	15	9. Apr.	Einführung, Metazoa	
3	16	16. Apr.	Metazoa, Bilateria	Protostomia
4	17	23. Apr.	Platyzoa - Mollusca	
5	18	30. Apr.	Annelida - Nematoda	
6	19	7. Mai.	Ecdysozoa: Chelicerata	
7	20	14. Mai.	Crustacea	
		Christi Himmelfahrt 21. Mai		
8	22	28. Mai.	Myriapoda - Insecta	
		Pfingstunterbrechung 4. Juni		
9	24	11. Jun.	Deuterostomia, Echinodermata	Deuterostomia
10	25	18. Jun.	Acrania, Pisces - Amphibia	
11	26	26. Jul.	Reptilia - Aves	
12	27	02. Jul 20	Mammalia	
	30	24. Jul 20	Haupttermin (Freitag)	
	40	02. Okt 20	Wiederholungstermin (Freitag)	

Stammbaum der Metazoa – die „Häutungstiere"

- **Lophotrochozoa**

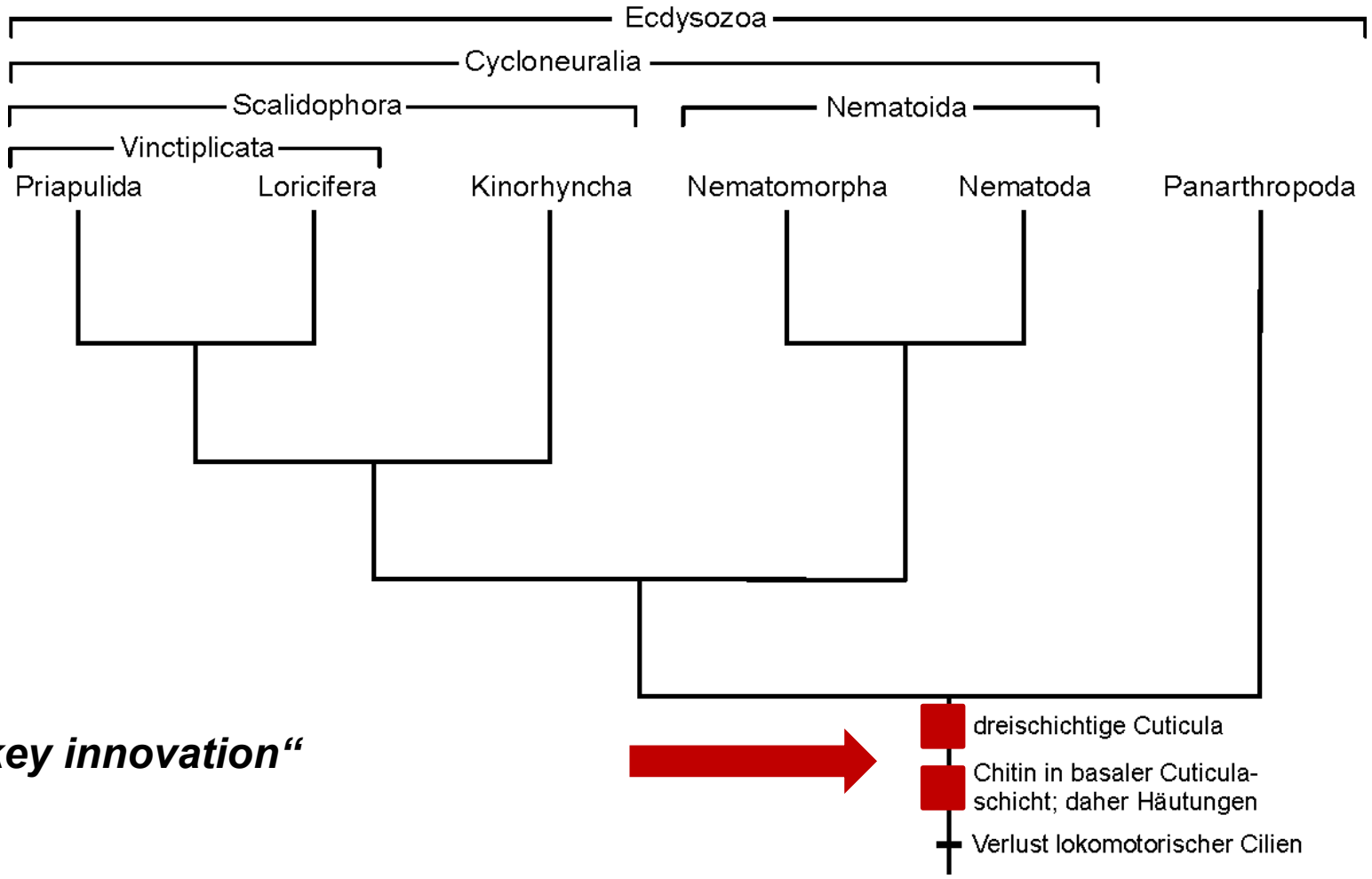
  - **mit Spiralfurchung**

- **Ecdysozoa**



Ecdysozoa

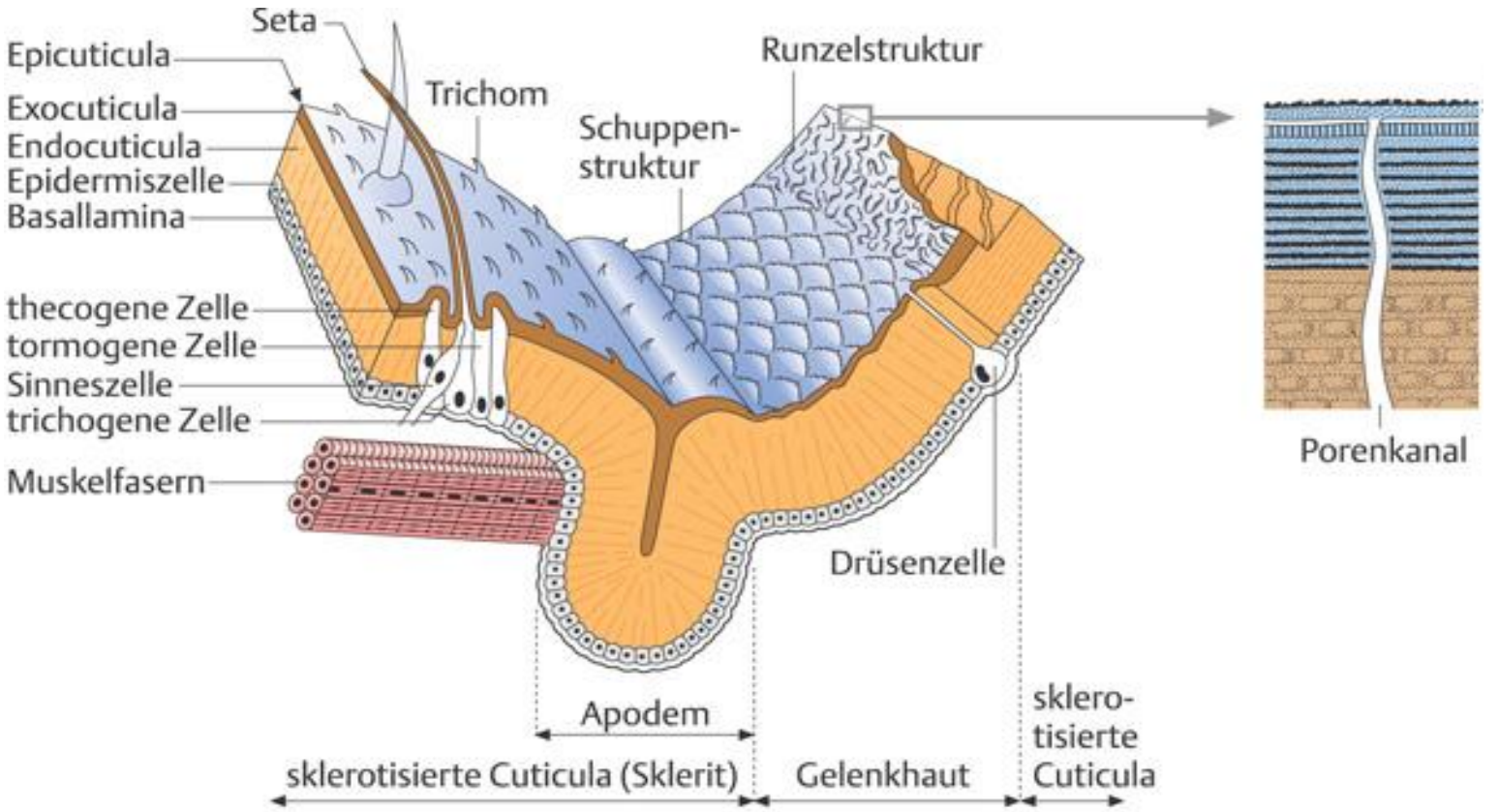
- **Synapomorphie: Cuticula mit Chitin – Häutung!**



- ***„key innovation“***

Arthropoda - Gliedertiere

- **Cuticula eines Crustacea**



Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Ecdysozoa & Ecdysis

- **Die Häutung des Hummers**

Häutungsverlauf beim Amerikanischen Hummer *(Homarus americanus)*

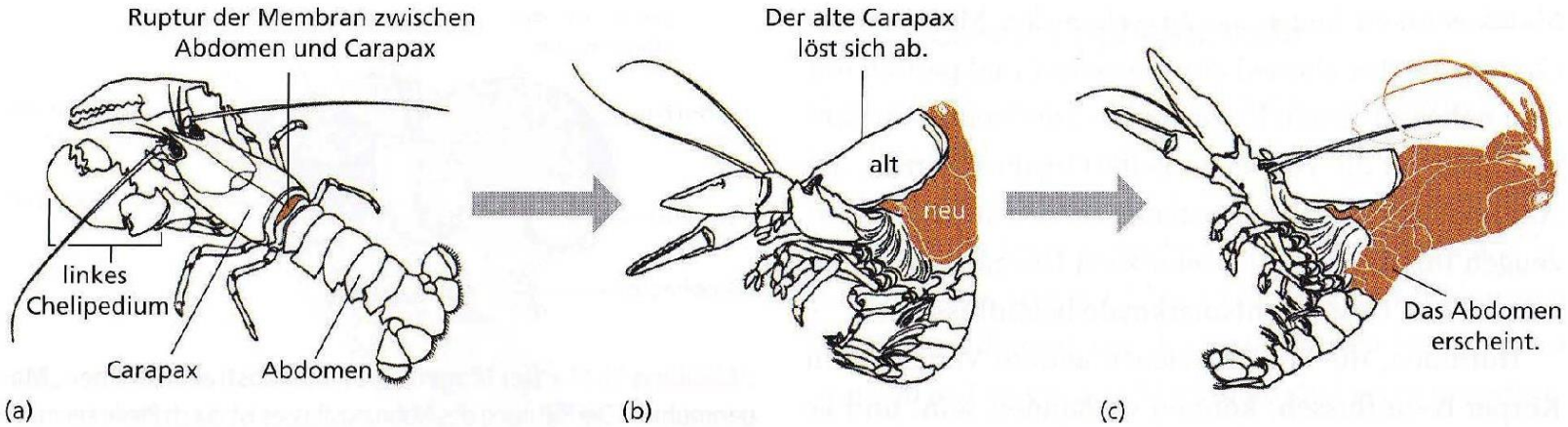
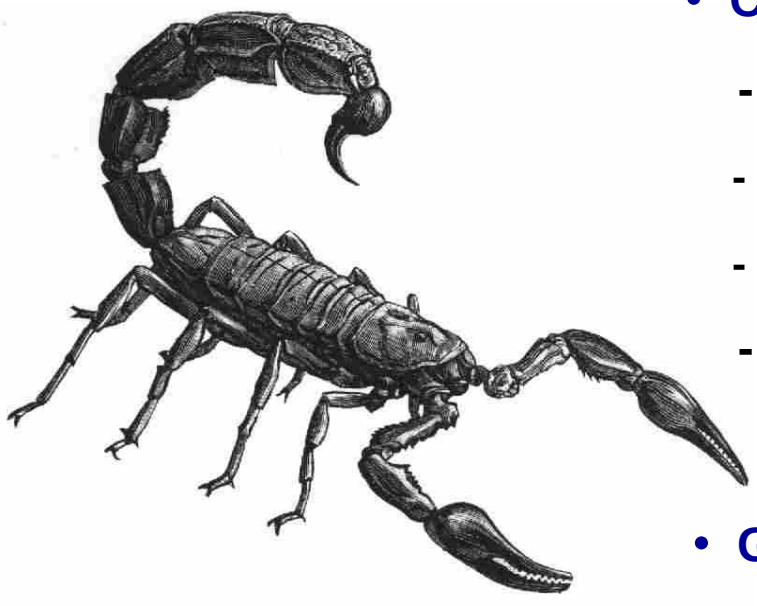


Abbildung 19.12: Häutungsverlauf beim Amerikanischen Hummer *(Homarus americanus)*. (a) Die Membran zwischen dem Carapax und dem Abdomen reißt ein; der Carapax beginnt mit einer langsamen Anhebung. Dieser Schritt kann bis zu zwei Stunden dauern. (b), (c) Kopf, Thorax und schließlich das Abdomen ziehen sich heraus. Dieser Vorgang dauert normalerweise nicht länger als fünfzehn Minuten. Unmittelbar nach der Ecdysis sind die Chelipedien ausgetrocknet (wasserfrei), und der Körper ist sehr weich. Der Hummer absorbiert Wasser mit einer so hohen Rate, dass sein Körper innerhalb von zwölf Stunden 20 Prozent in der Länge und 50 Prozent an Masse zunimmt. Das Gewebswasser wird in den folgenden Wochen nach und nach durch Proteine ersetzt.

Arthropoda - Gliedertiere

- **Zweifache Innovation: Cuticularskelett & Arthropodien**



- **Cuticularskelett (sezerniert – sklerotisiert):**
  - **sekretprod. Epidermiszellen (Integument)**
  - **lamellig geschichtetes Polysacharid Chitin**
  - **in Grundsubstanz gehärtetes Protein Sklerotonin**
  - **bilden Sklerite / Exoskelett mit Gelenkhäuten**

- **Gegliederte, gelenkige Extremität:**
  - **Lokomotionsorgan (Laufen, Schwimmen)**
  - **Sinnesorgan (Antennen)**
  - **Mundwerkzeug (Mand. Max. MaxPed. Cheli. Pedi.)**
  - **Begattungsapparat**

- **Größe / spez. Gewicht: Muskeln (Energiestoffw.) & Röhrensystem (Diff. 0_2)**

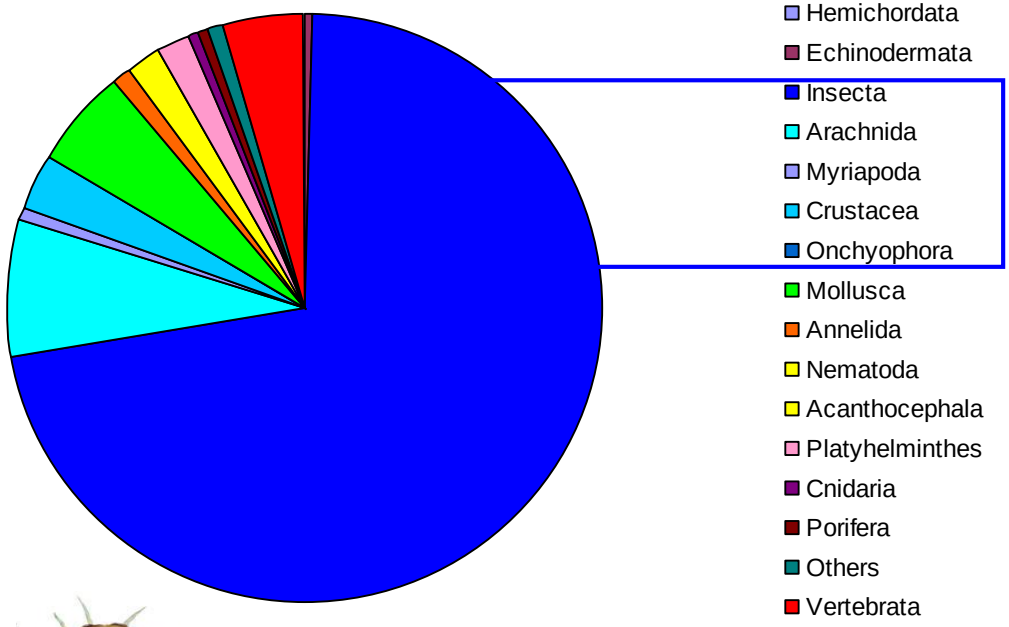
Diversität der Tiere & Anteil der Ecdysozoa

- **Arthropoda als erfolgreichster Tierstamm**

Insecta – Arachnida –

Myriapoda – Crustacea

> 2/3 aller Arten



bekannte Arten einzelner Taxa

Spinnentier-Verwandte (**Chelicerata**)

Hundert- und Tausendfüssler (**Myriapoda**)

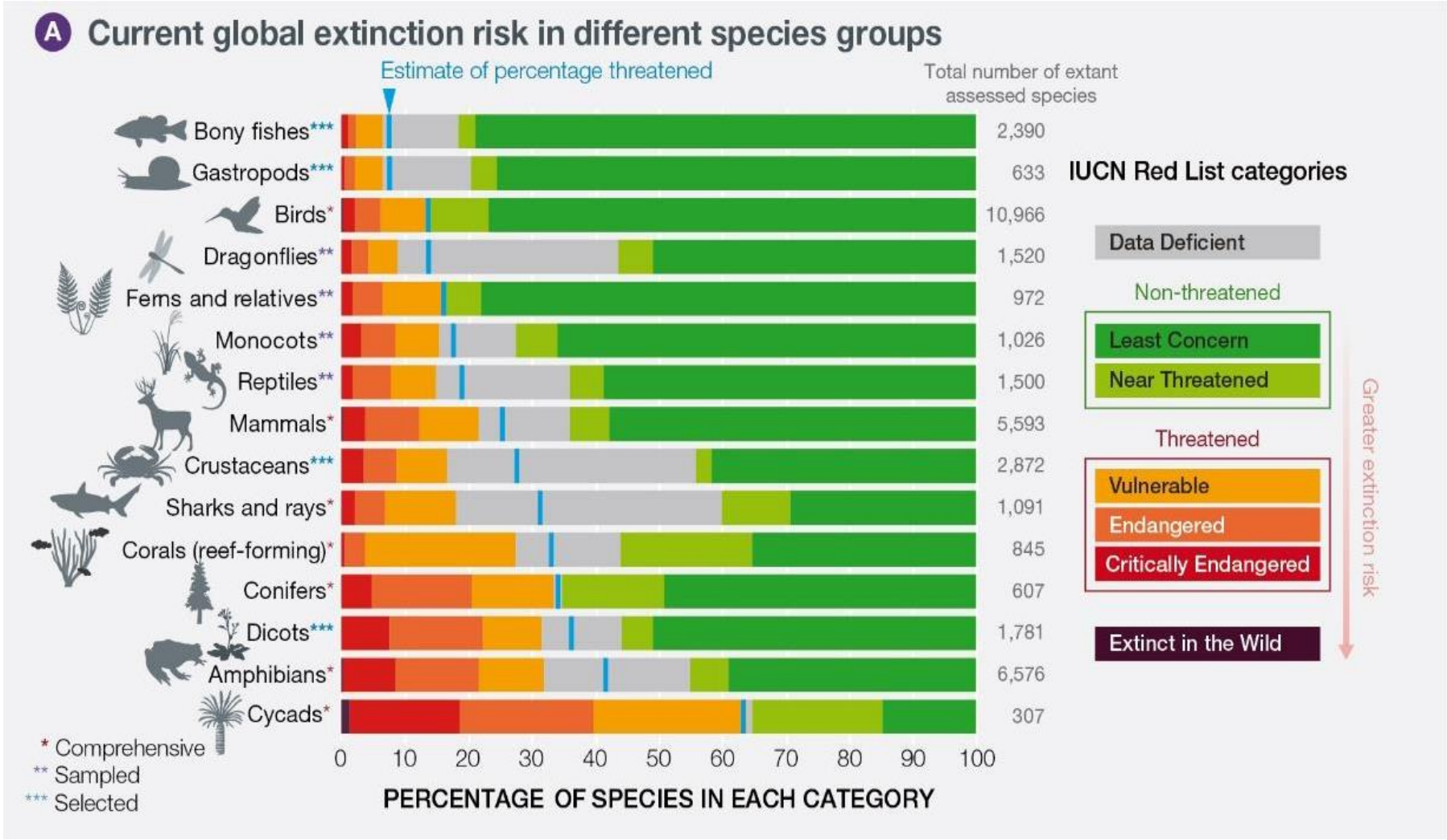
Krebse (**Crustacea**)

Insekten (**Insecta**)

A.D.Chapman (2005) – Numbers of living species

Das große Sterben global

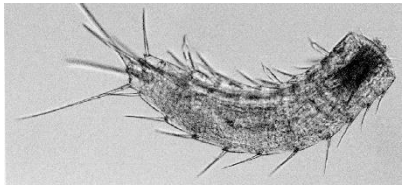
- **Weltweiter Verlust der biologischen Vielfalt**



IPBES Global Assessment on Biodiversity Report May 2019

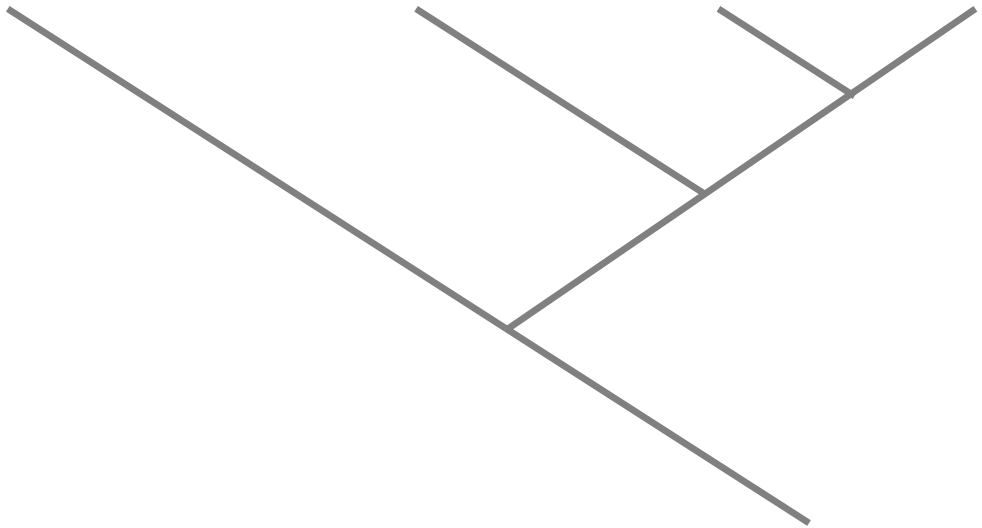
Ecdysozoa - Häutungstiere

- **mehr als nur Nematoda & Arthropoda**

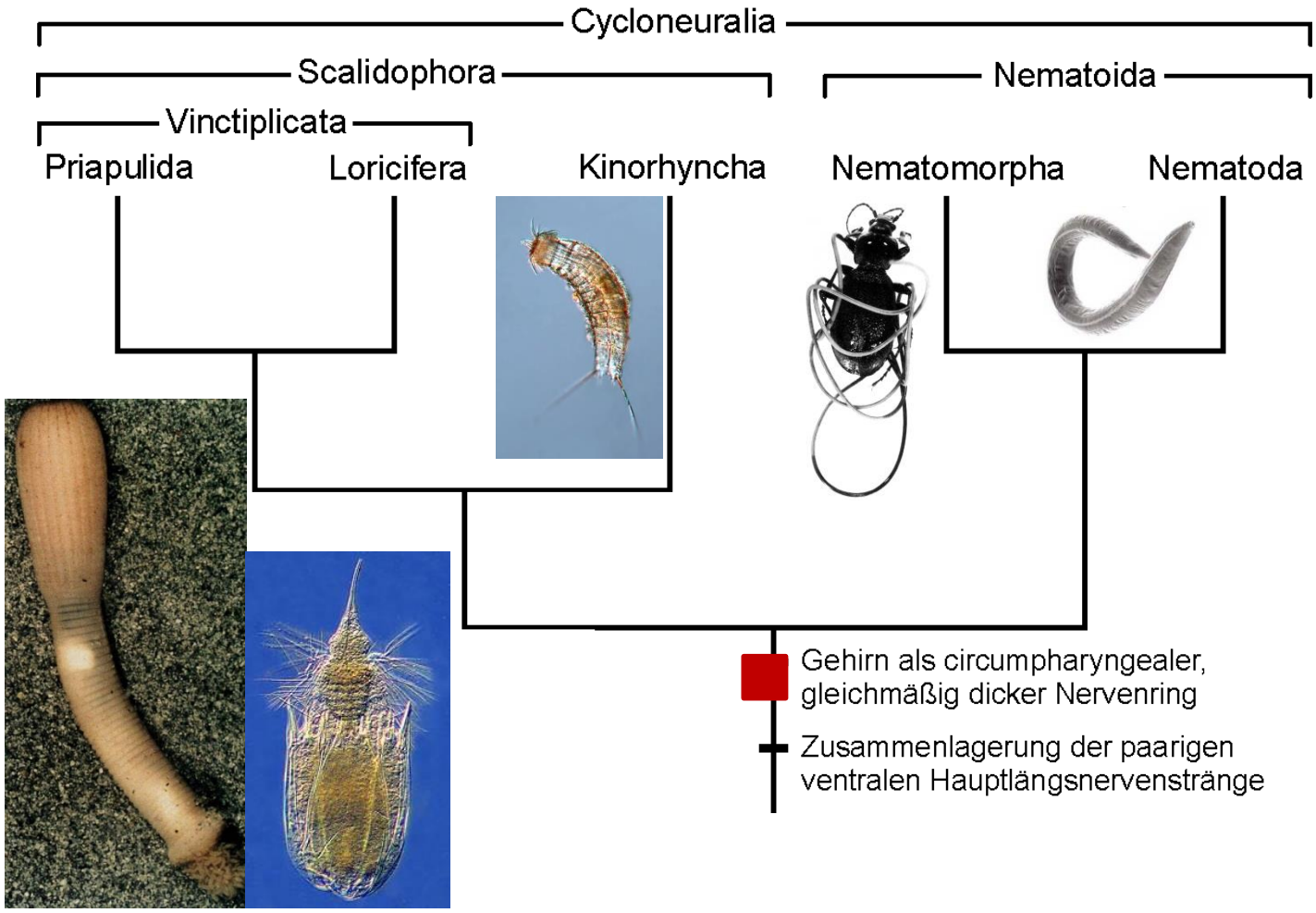


Arthropoda **Scalidophora** **Nematomorpha** **Nematoda**

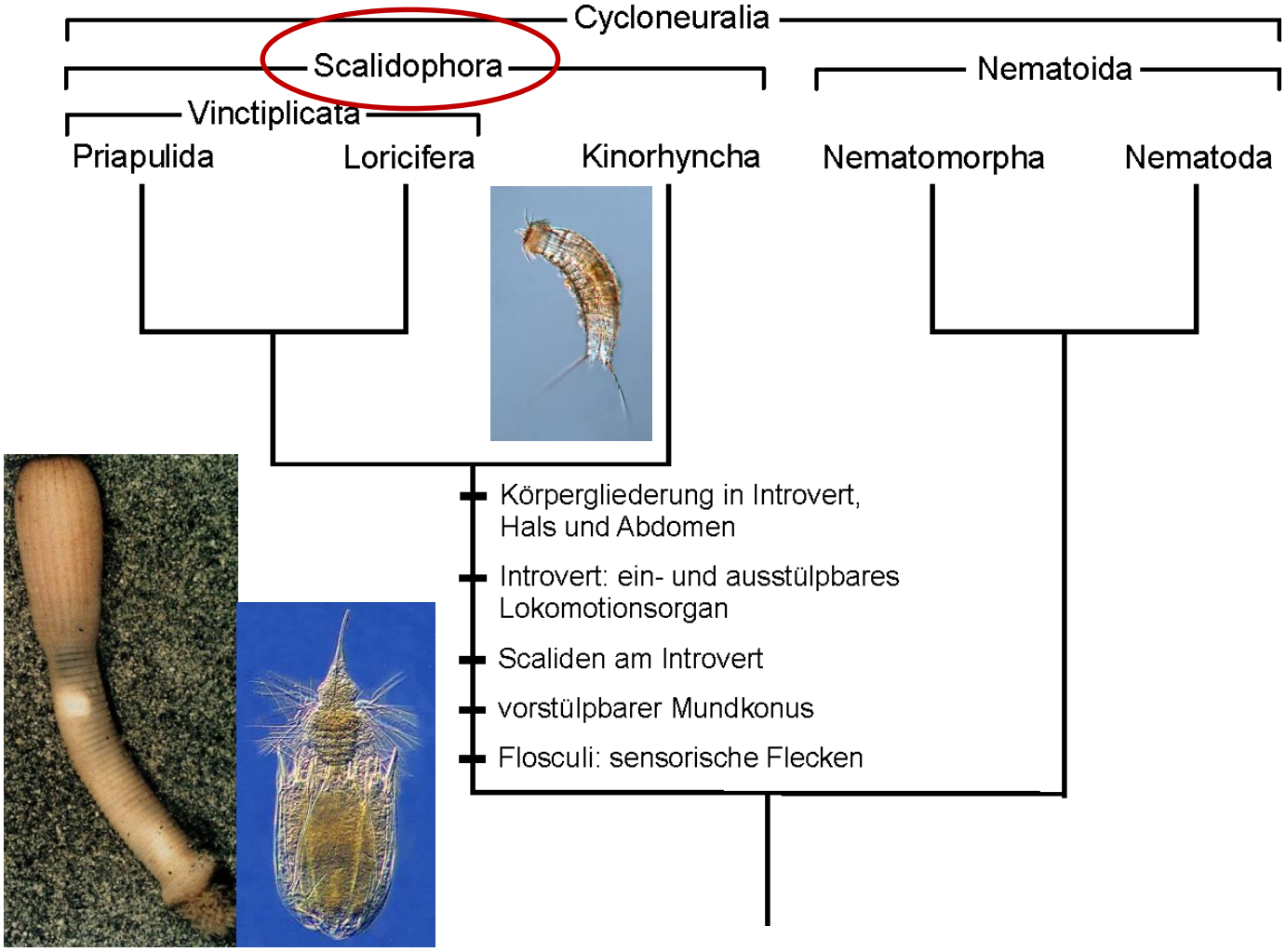
Gliedertiere Fadenwürmer



Cycloneuralia

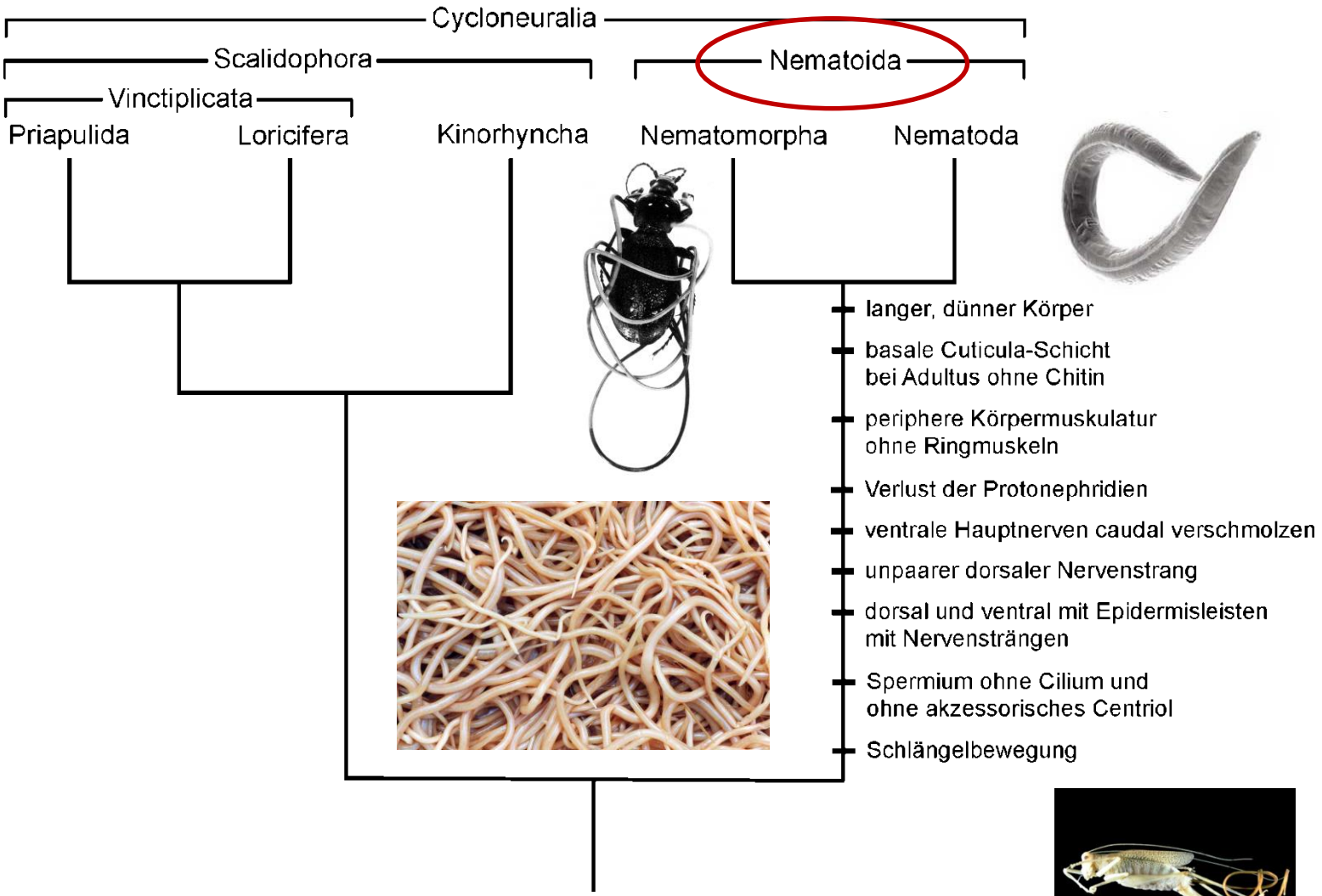


Scalidophora

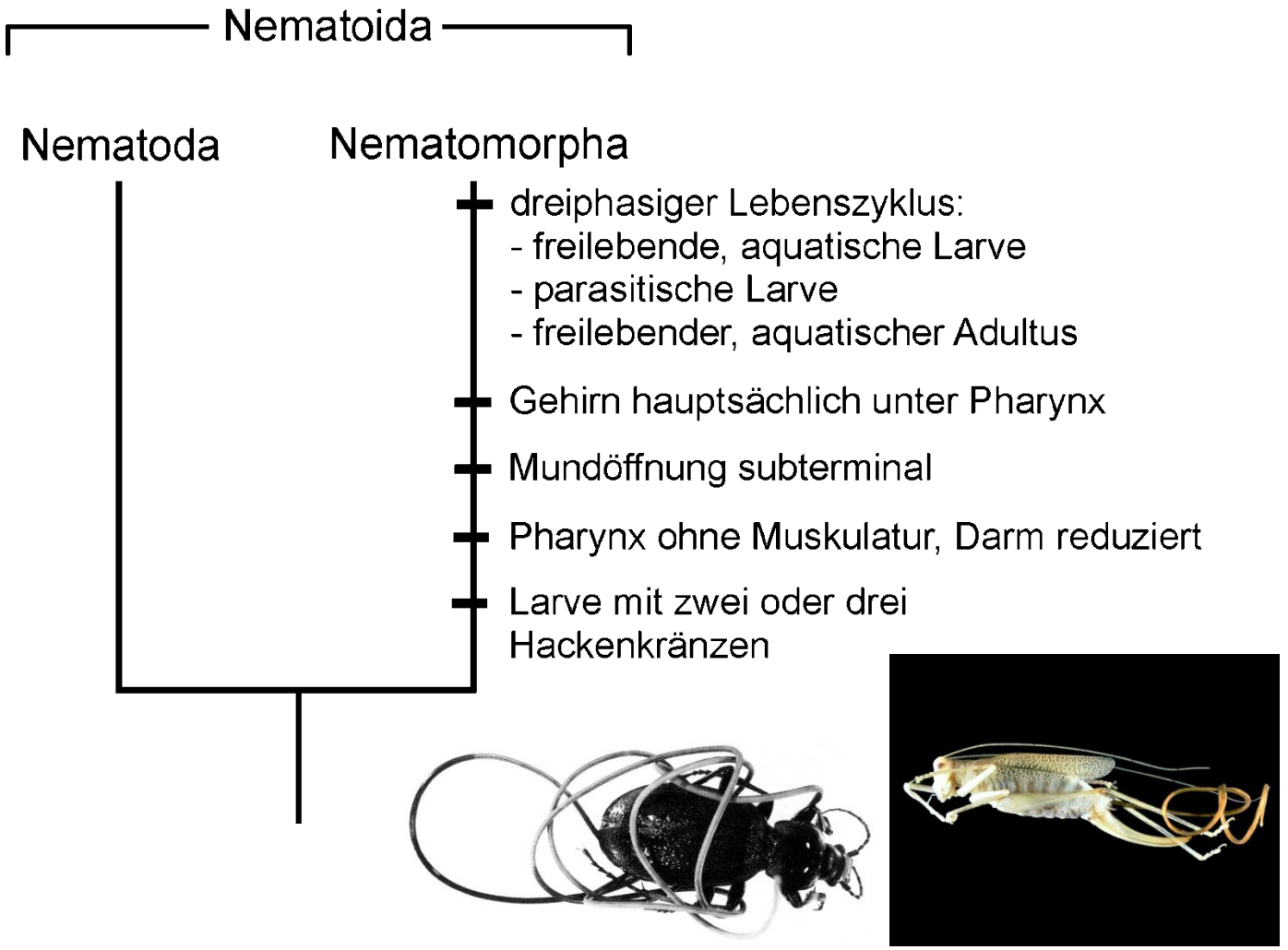


Nematoida

- **Nematomorpha & Nematoda**



Nematomorpha



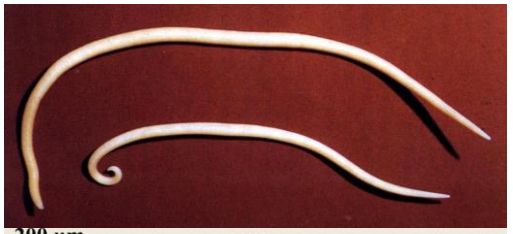
Nematoda

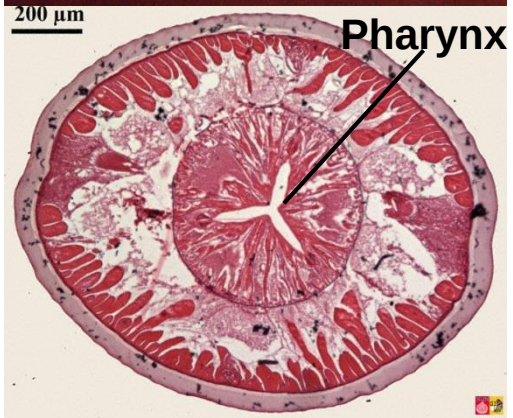
Nematoida

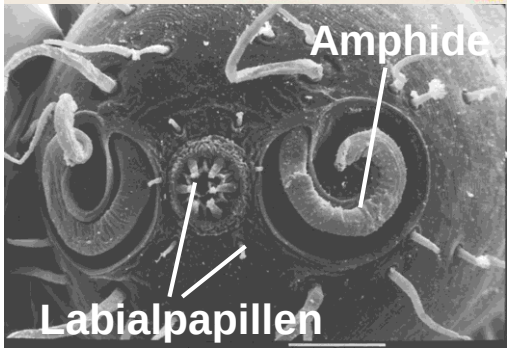
Nematomorpha

Nematoda

- ektodermaler, muskulöser Pharynx mit dreikantigem Lumen
- am Vorderende 3 Kreise papillen- oder borstenförmiger Sensillen
- Seitenorgane (Amphidien): paarige Chemorezeptoren
- laterale Epidermisleisten, in denen die Kerne der Epidermiszellen konzentriert werden
- dorsoventrale Schlängelbewegungen
- Ventraldrüse
- Schwanzdrüsen
- weibliche Gonade nach vorn und hinten ausgerichtet, männliche unpaar
- Verlagerung der Vulva in die Körpermitte
- Männchen mit Kloake
- Männchen mit paarigen Spicula
- geißellose, amöboid bewegliche Spermien ohne Acrosom
- Postembryogenese mit 4 Juvenilstadien



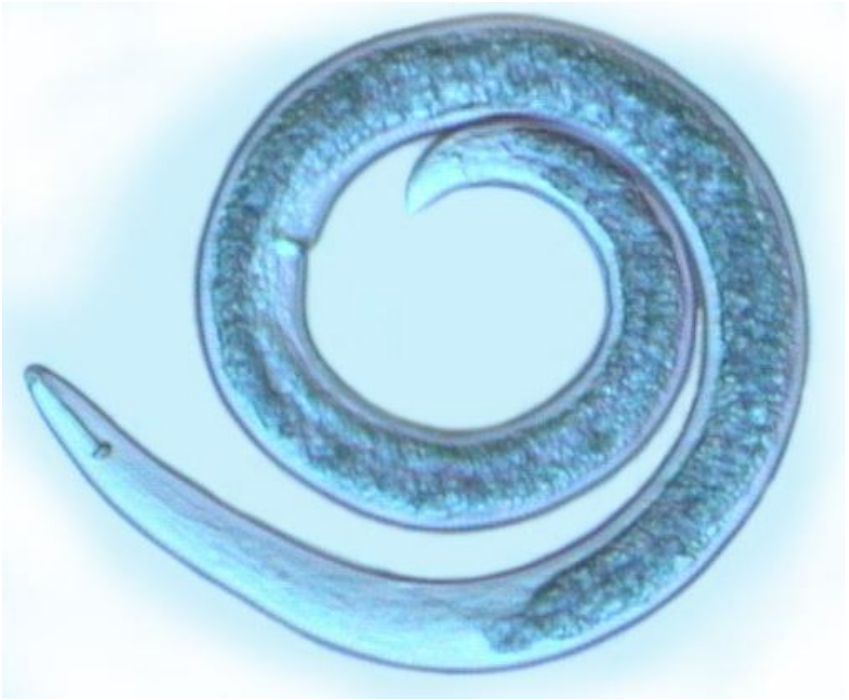




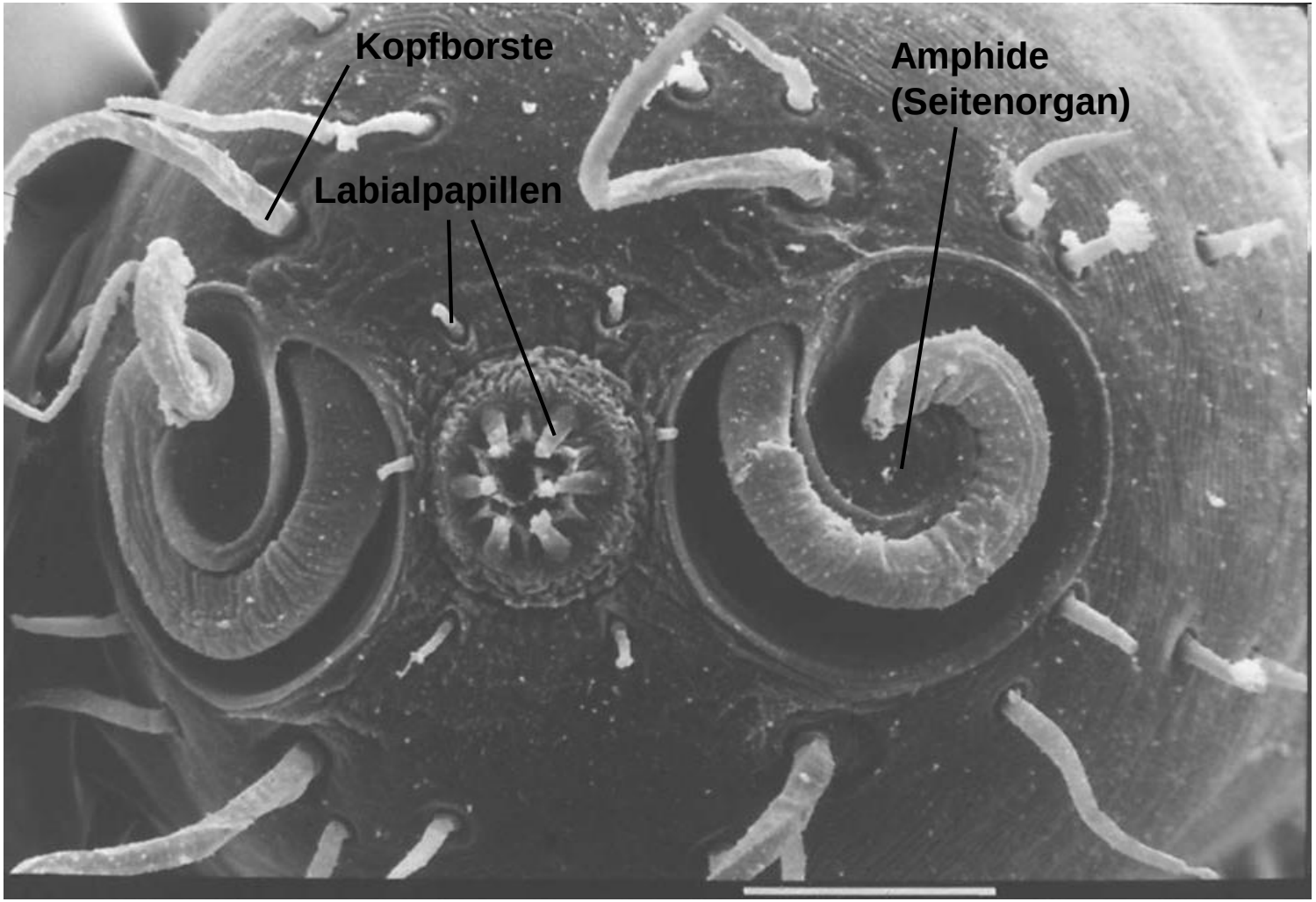
Nematoda

- **Körperbau**

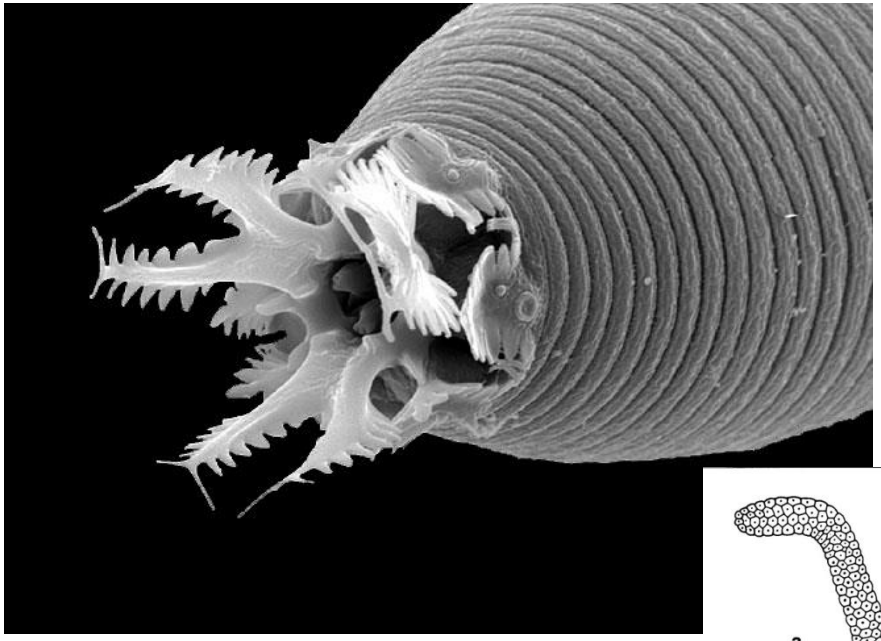
  - runder Querschnitt
  - bilateralsymmetrisch
  - die meisten Nematoden sehen auf den ersten Blick ähnlich aus, aber …

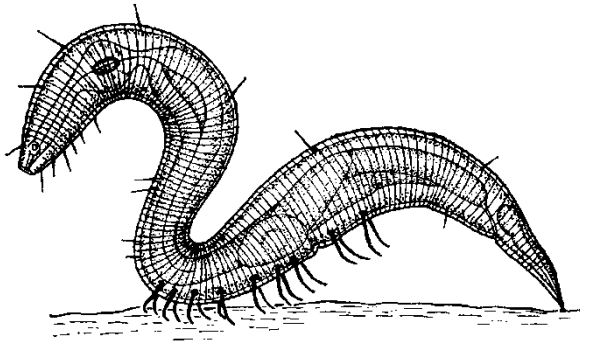


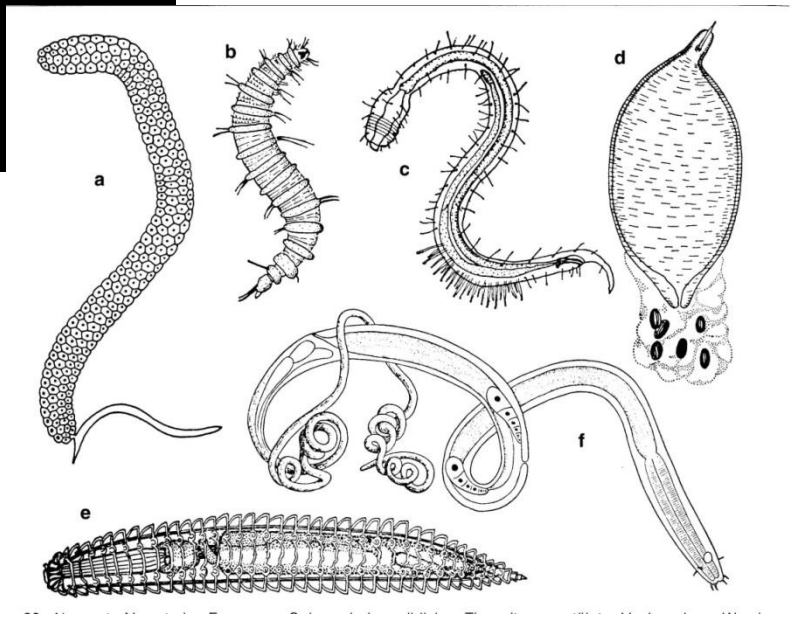
Nematoda



Nematoda



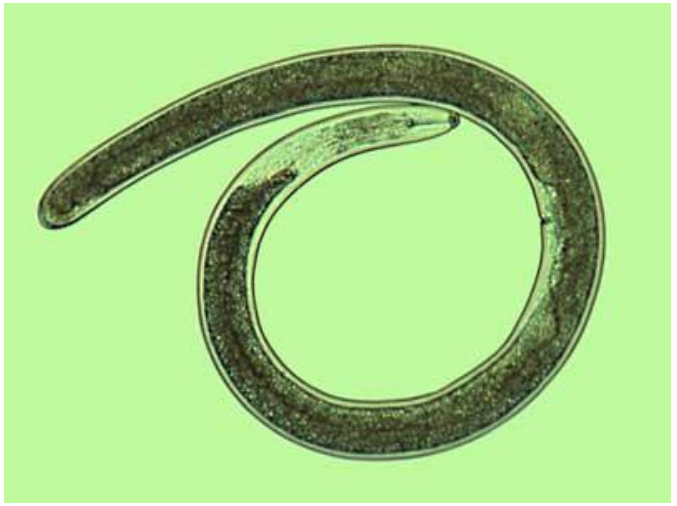




Nematoda

- **Vielfalt der Fadenwürmer**

  - **ca. 20.000 Arten**
  - **Lebensräume: Land,**
    Süßwasser,
    Meer,
    parasitisch
  - **Größe:**

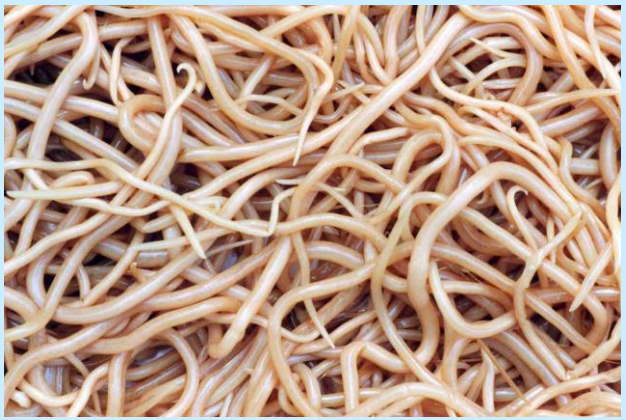


freilebend : mikroskopisch klein
bis zentimetergroß
parasitisch: zentimeter bis
metergroß
(*Placentonema* bis 8,8 m)

Nematoda

- **Nematoden als Modellorganismen**

Frühere Modell-Nematoden
Ascaris suum und
Parascaris equorum



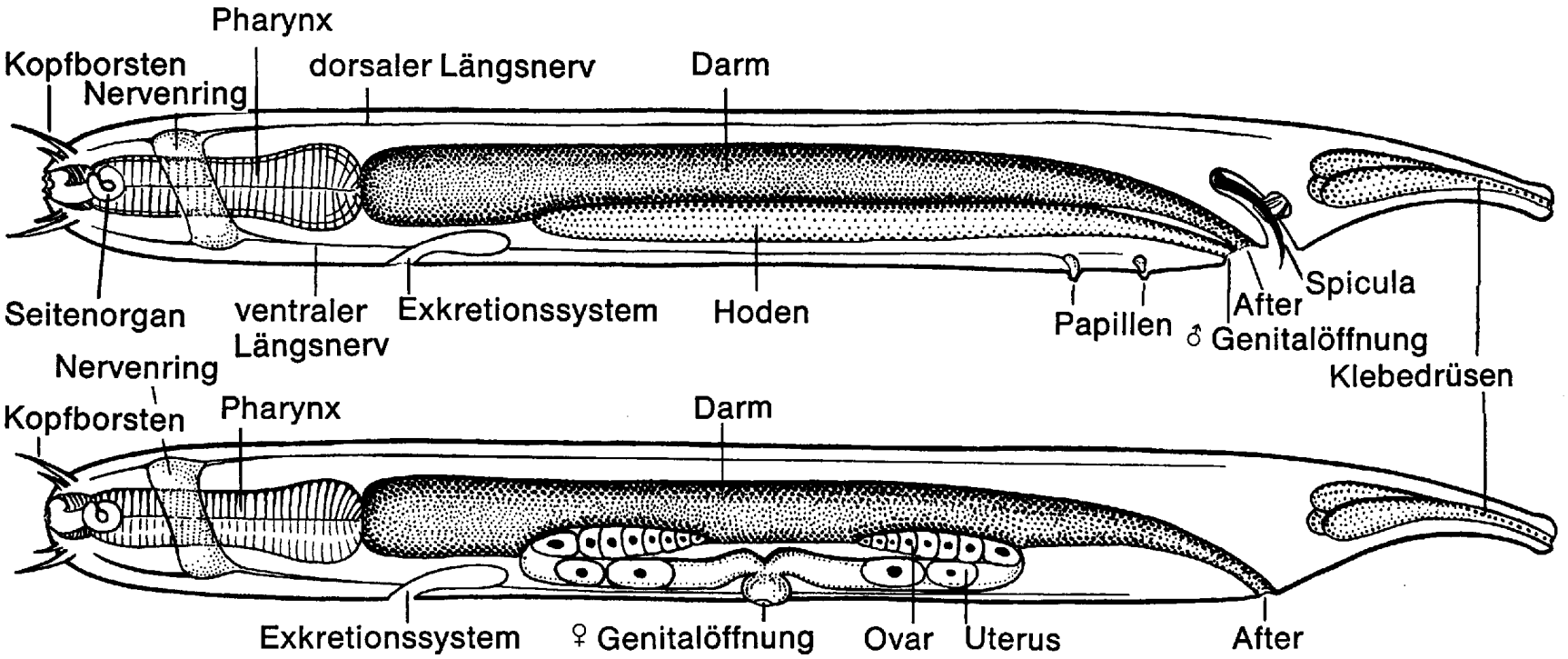
- verfügbar in großer Anzahl
- einfach zu sammeln (Schlachthof)
- große Eiproduktion
  (~ 200.000 pro Tag)

Aktueller Modell-Nematode
Caenorhabditis elegans

- klein (1 mm) und transparent
- einfach zu halten
- schnelle Generationszeit
- selbstbefruchtender Hermaphrodit
  (Männchen 1:700)
- Eutelie (Zellkonstanz: 959 in
  Hermaphroditen, 1031 in Männchen)
- (fast) invariante somatische Zellinie

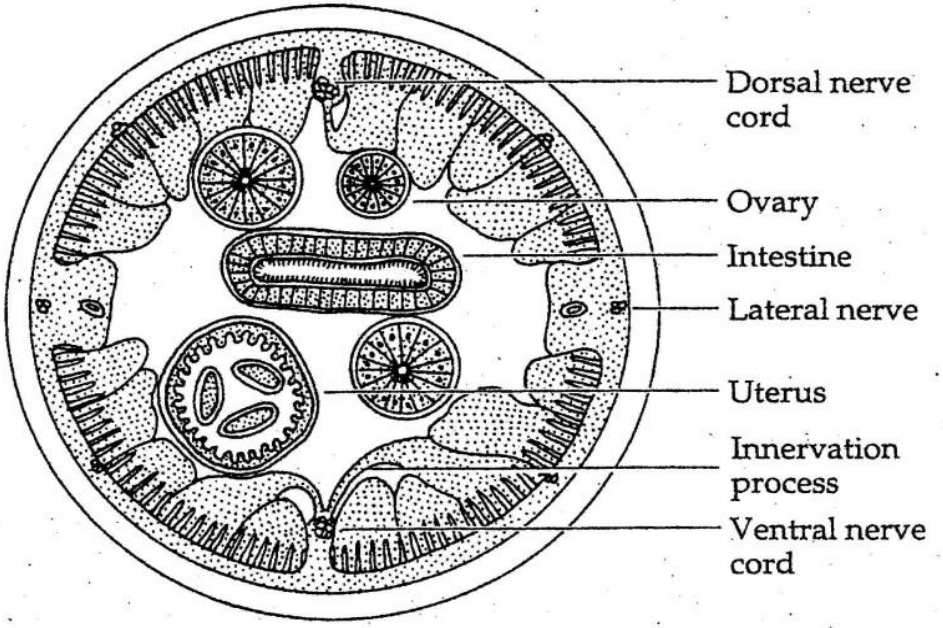
Nematoda - Fadenwürmer

- **Anatomie der Fadenwürmer**



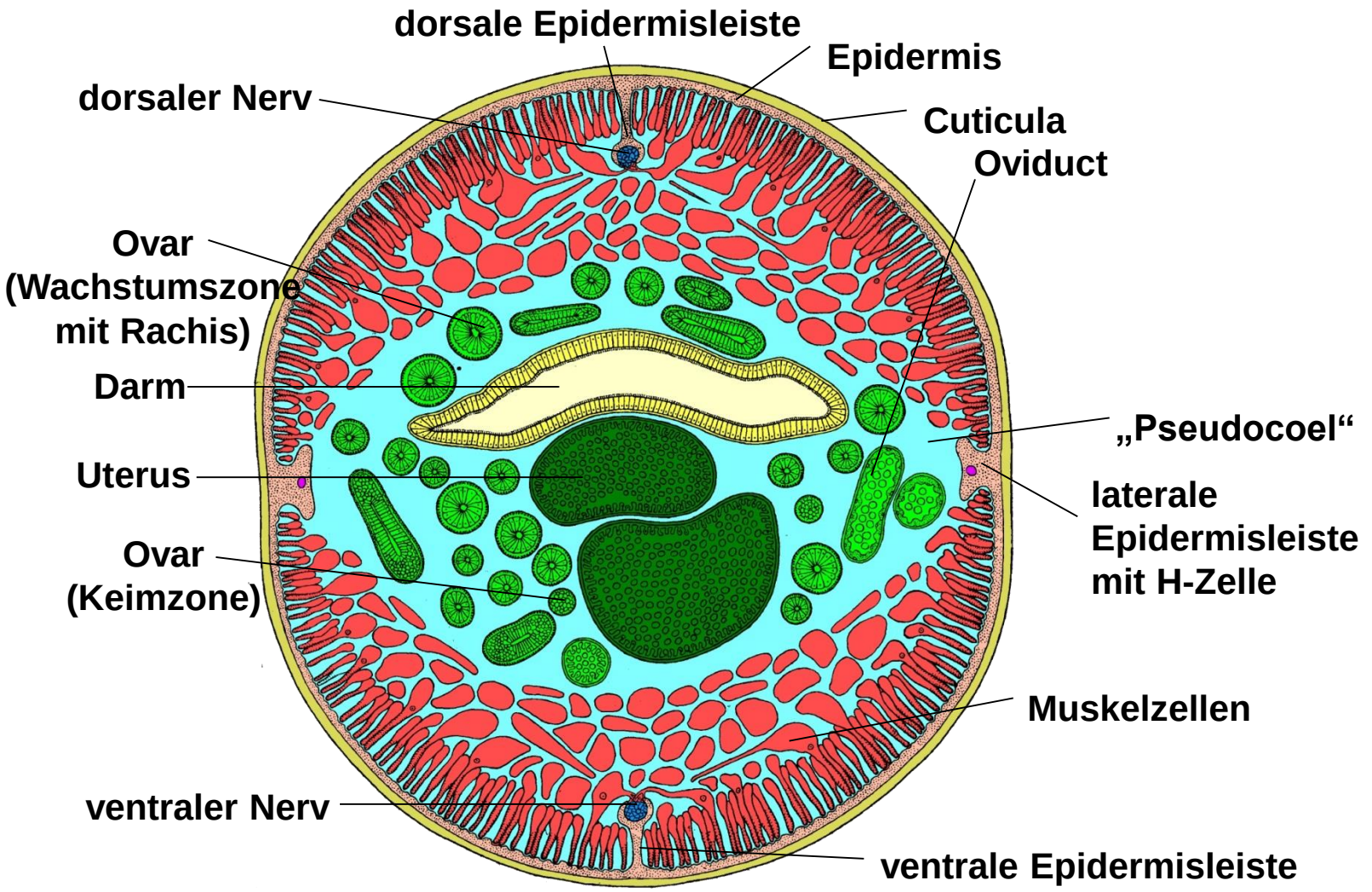
Nematoda

- **Integument**
  - Epidermiszellen ohne Cilien
  - Cuticula
  - An vier Positionen ist die Epidermis zu Längsleisten verdickt:
    - dorsal und ventral mit Nervensträngen
    - lateral (mit, wenn vorhanden, Exkretionsorganen)



Nematoda

- **im Querschnitt**



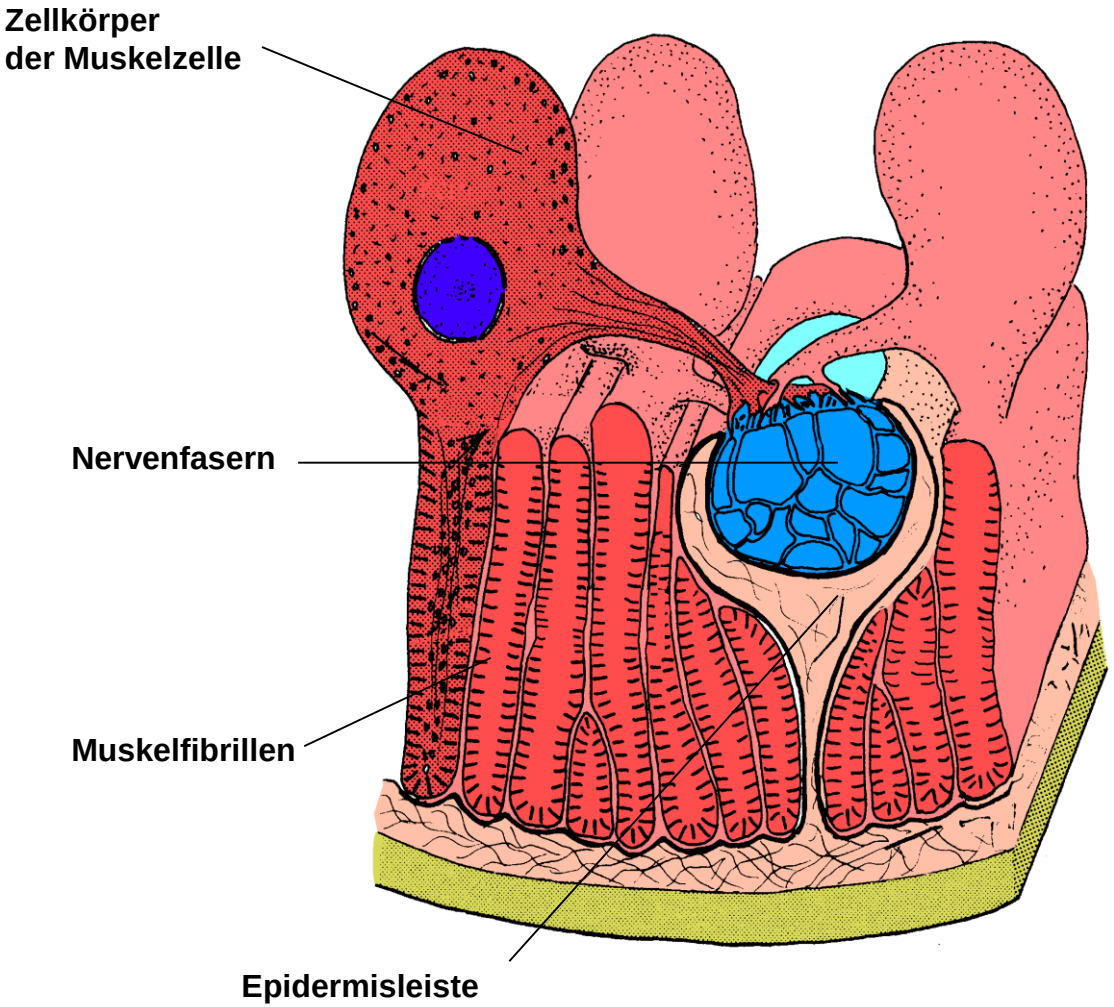
Nematoda

- **Muskulatur**
  - nur Längsmuskeln, Ringmuskulatur ist reduziert
  - Fortbewegung durch Schlängeln
  - Antagonist für die Längsmuskulatur ist die Cuticula
  - Besonderheit der Nematoden: Muskelzellen senden Ausläufer zu den Nervensträngen

Nematoda mit Längsmuskeln

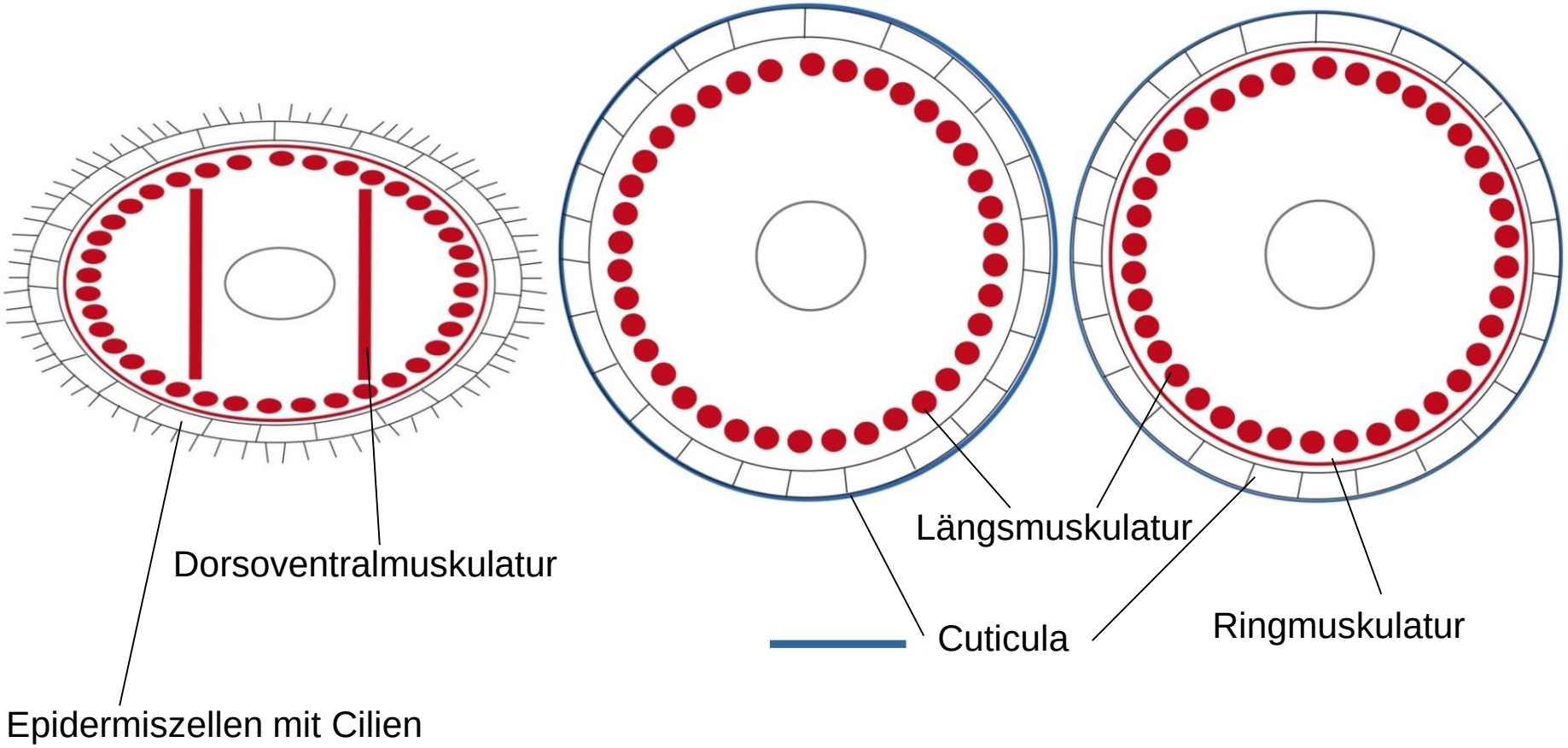
- **Ausläufer zu Nervensträngen**

Nematoda
Innervierung der Längsmuskulatur



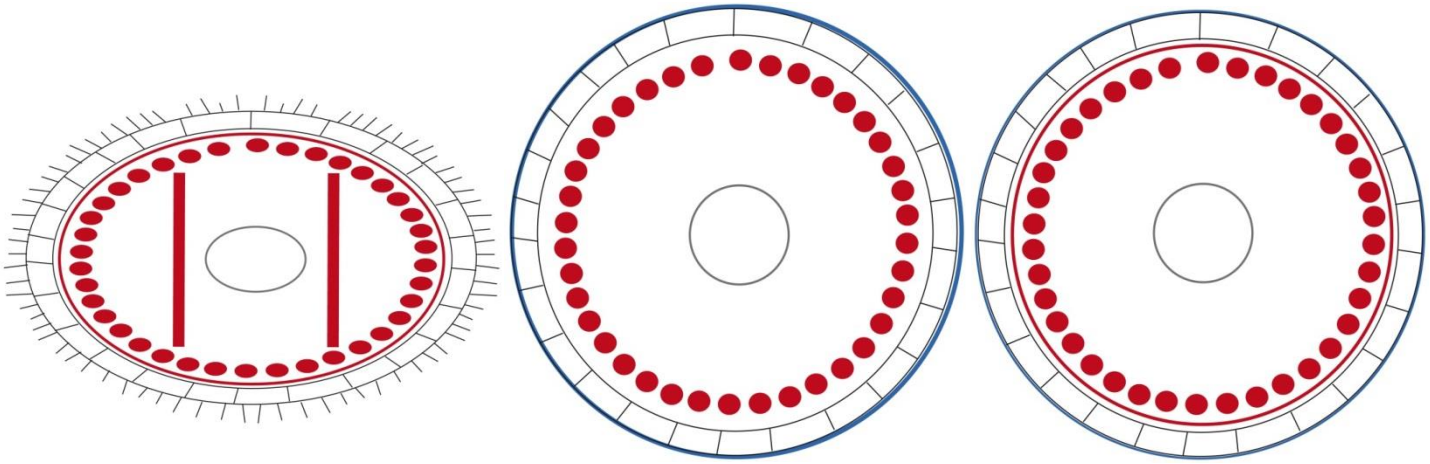
Wie sich der Wurm krümmt

Plathelminthes **Nematoda** **Annelida**



Wie sich der Wurm krümmt

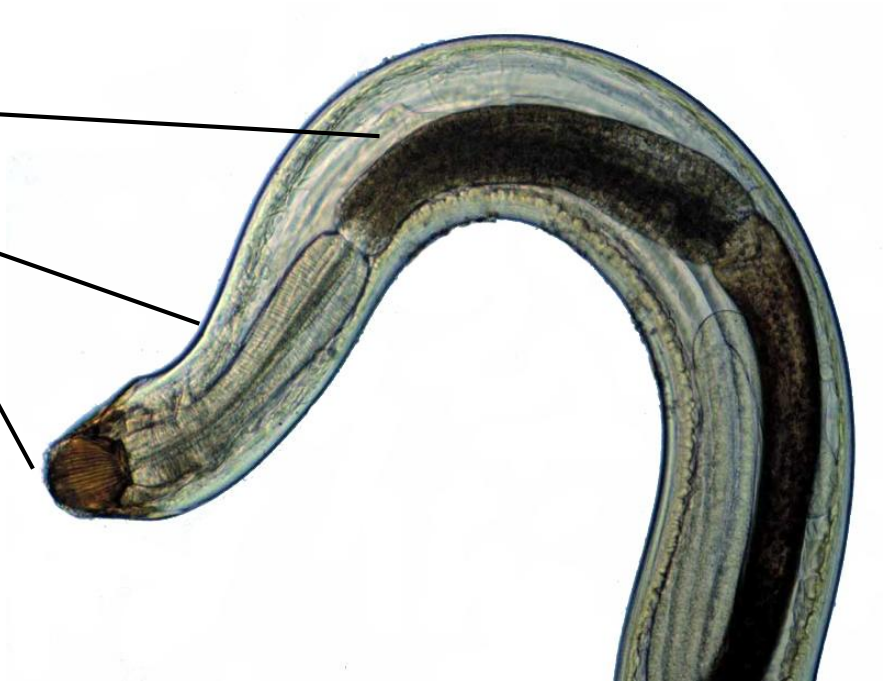
Plathelminthes Nematoda Annelida



	Plathelminthes	Nematoda	Annelida
Epidermiszellen mit Cilien	+	-	-
Cuticula	-	+	+
Dorsoventralmuskeln	+	-	-
Ringmuskeln	+	-	+
Längsmuskeln	+	+	+
Segmente	-	-	+
Darm	sackförmig	Einwegdarm	Einwegdarm
Leibeshöhle	-	primäre LH	primäre LH + Coelom

Nematoda

- **Verdauungssystem**
  - Einwegdarm (Mund und After vorhanden)
  - Mundöffnung immer am Vorderende
  - Darm
  - Muskulöser Saugpharynx
  - Mundhöhle manchmal mit Zähnen



  - keine Kreislaufsysteme

    große Nematoden (und nur diese) haben eine flüssigkeitsgefüllte Leibeshöhle

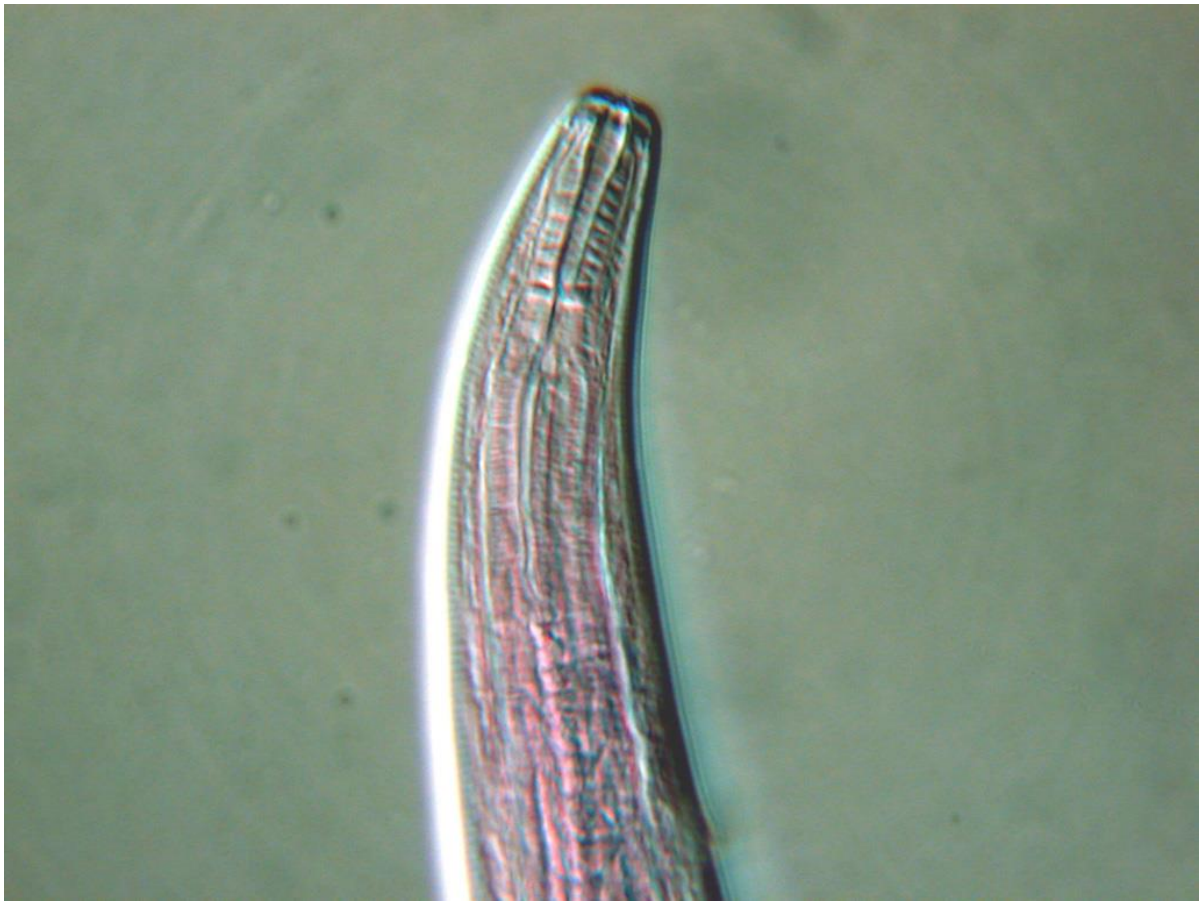
    Funktionen:
    - einfache Vergrößerung des Körpervolumens
    - bessere Verteilung von Substanzen

Nematoda

- **Verdauungssystem**

Mundhöhle

einfache, röhrenförmige Mundhöhle
Bakterienfresser
Funktion: pipettenartiges Einsaugen

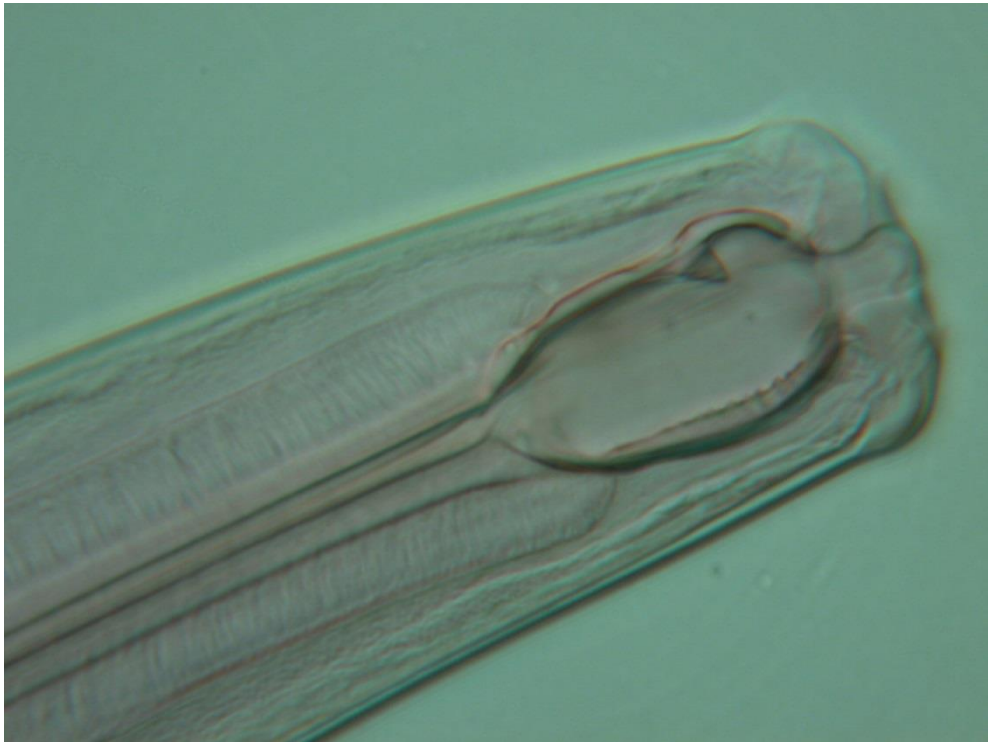


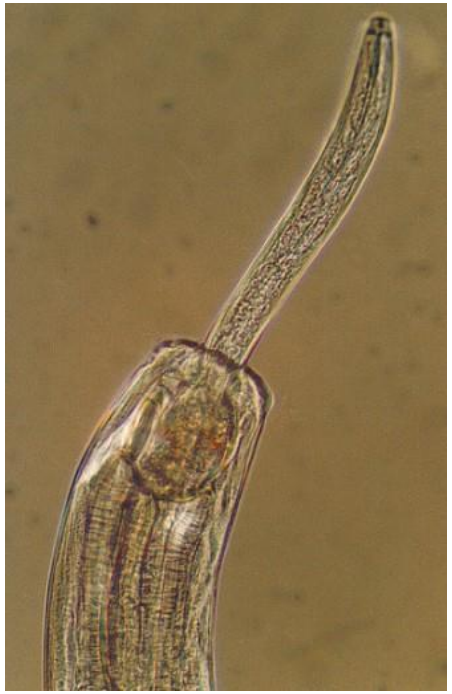
Nematoda

- **Verdauungssystem**

Mundhöhle

große Mundhöhle mit Zähnen
Räuber
Funktion: Aufschlitzen der Beute beim Einsaugen



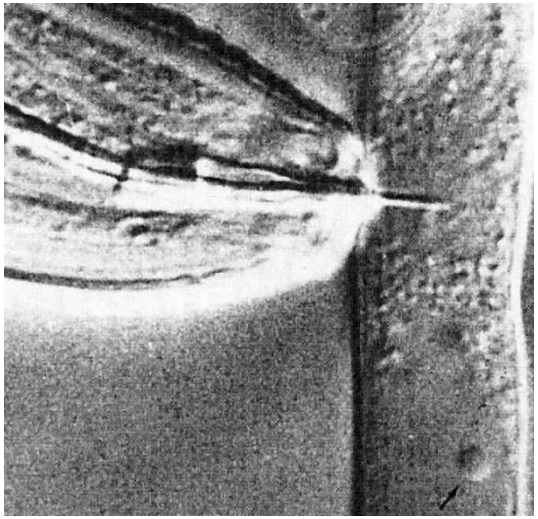


Nematoda

- **Verdauungssystem**

Mundhöhle

Mundhöhle mit feinem Stilett
Pflanzensaftsauger
Funktion: Anstechen von Pflanzen- und Pilzzellen

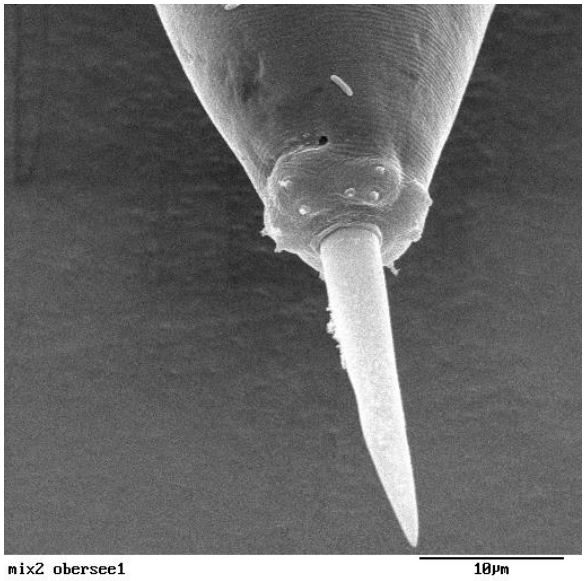


Nematoda

- **Verdauungssystem**

Mundhöhle

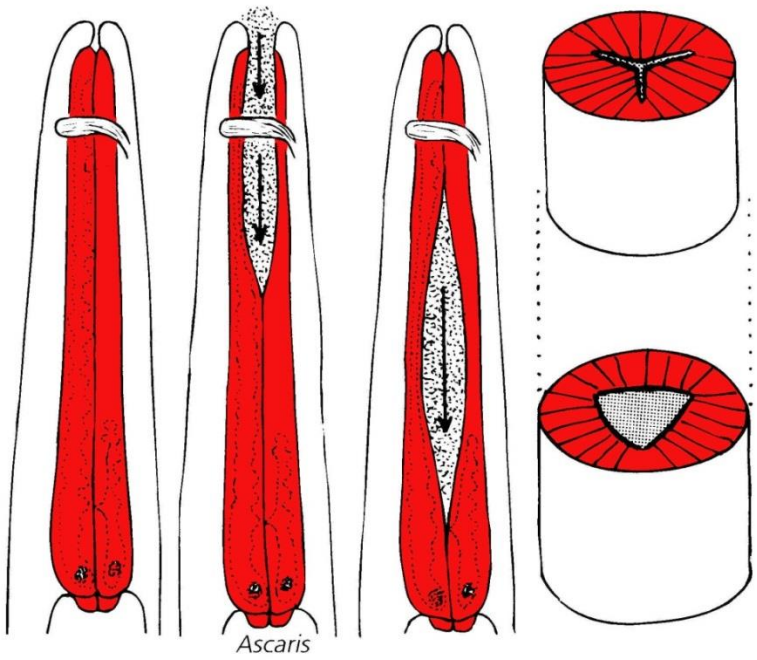
Mundhöhle mit starkem Stilett
Allesfresser
Funktion: Anstechen von Pflanzen und Tieren

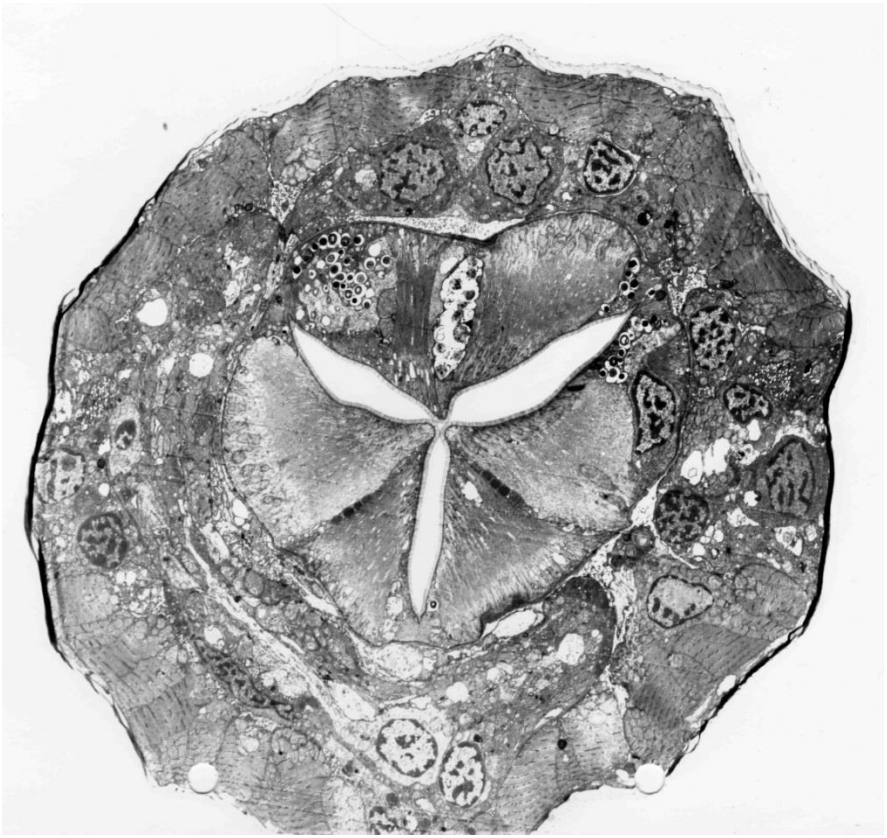


Nematoda

- **Verdauungssystem**

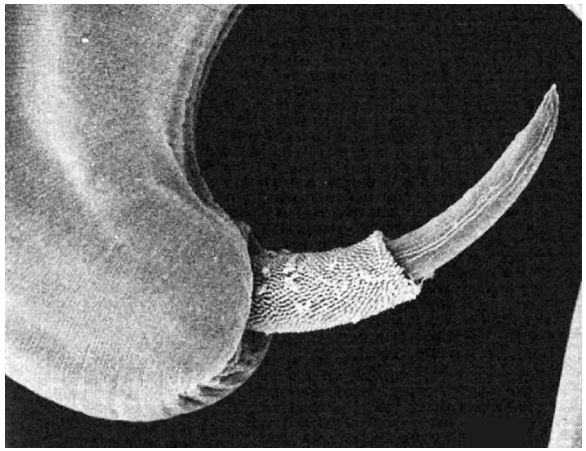
Muskulöser Saugpharynx

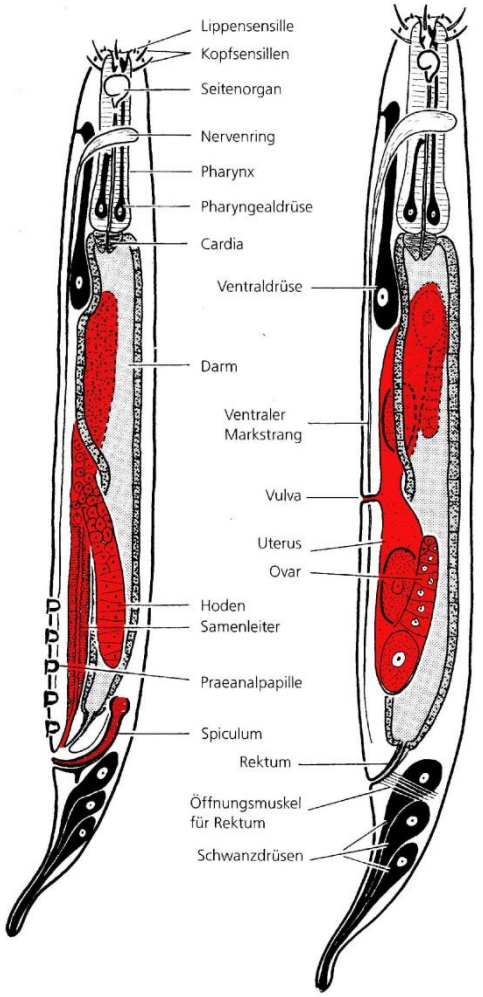




Nematoda

- **Reproduktionsorgane**
  - getrenntgeschlechtlich
  - **Weibchen**: Geschlechtsöffnung in der Körpermitte
  - paarige, schlauchförmige Gonaden
  - **Männchen**: Geschlechtsöffnung am Hinterende, mündet zusammen mit Darm (Kloake)
  - Kopulations-Hartstrukturen (Spiculae) sind vorhanden

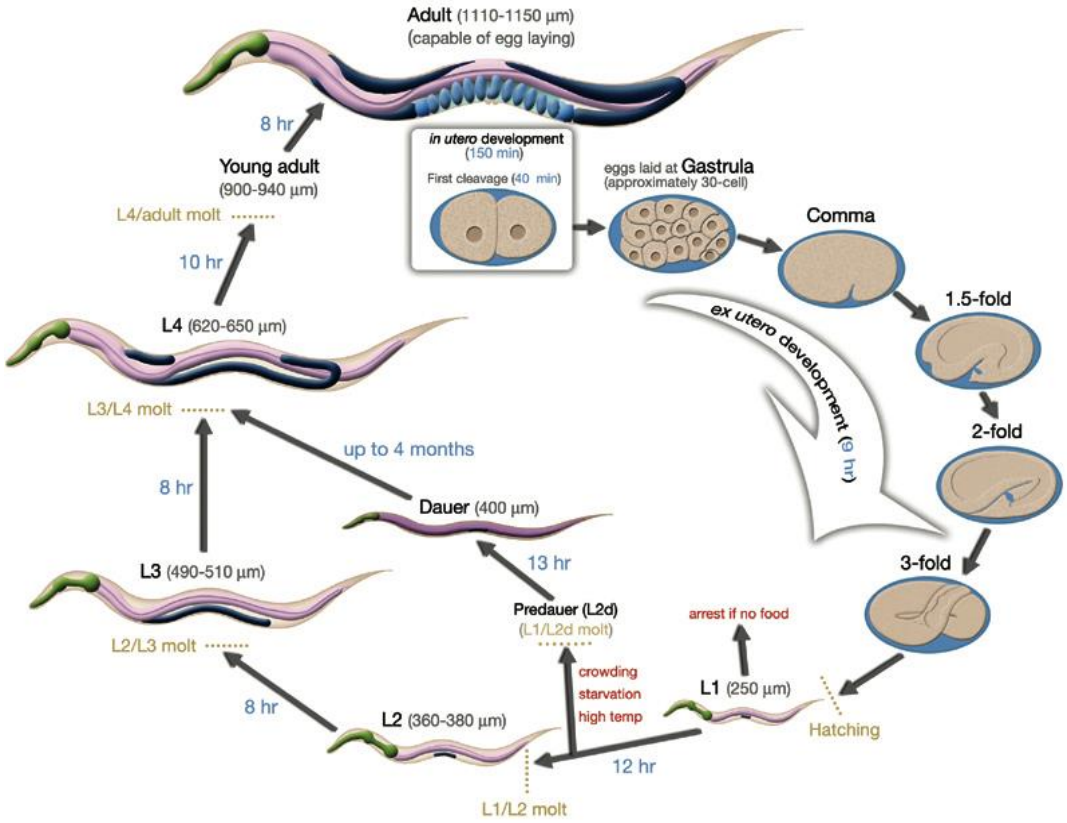


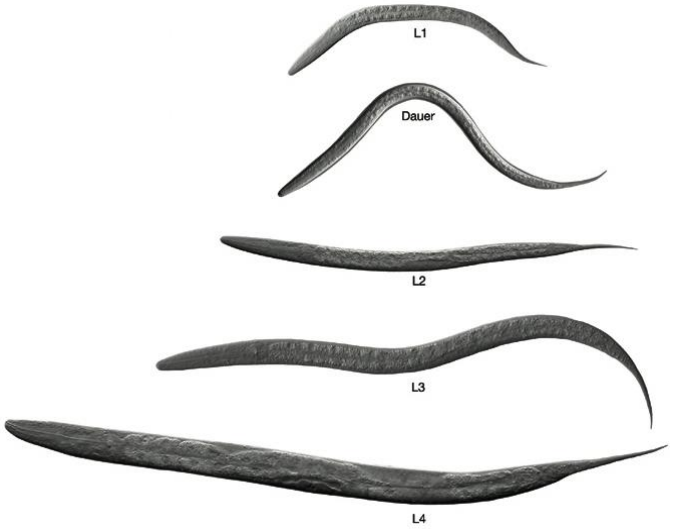


Nematoda

- **Häutung**

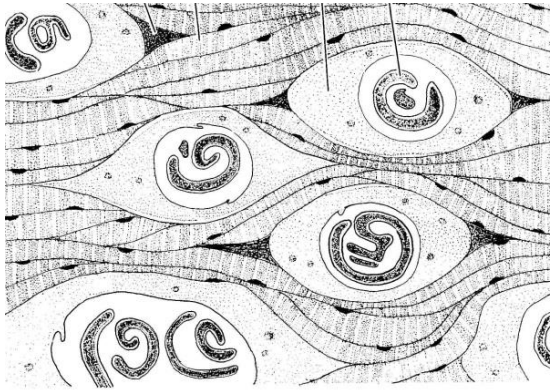
Nematoden häuten sich vier Mal während ihres Lebenszyklus.
Die vier Juvenilstadien (J1-J4) sehen den Adulten ähnlich, sie sind deshalb <u>keine</u> Larven ! (Häufiger Fehler in der Literatur)



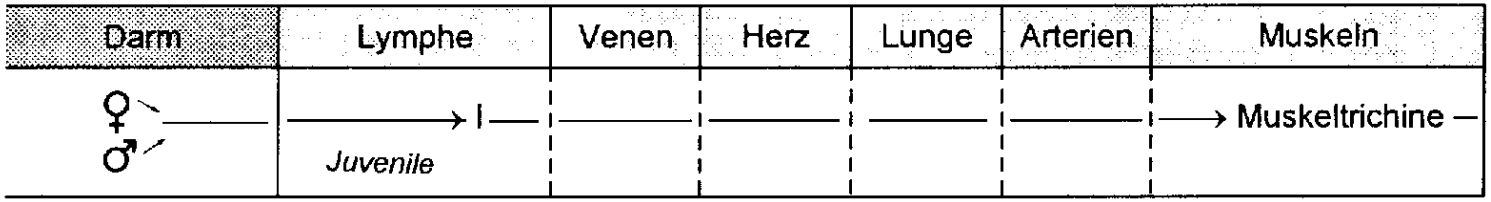


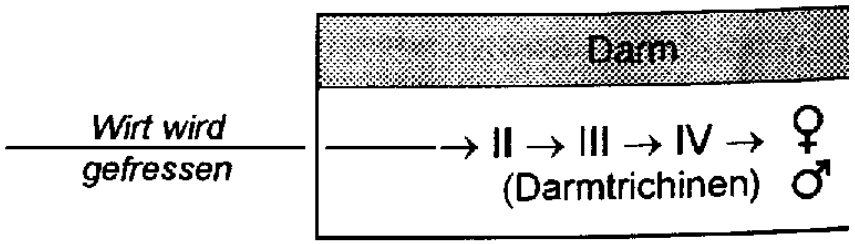
Fadenwürmer medizinisch

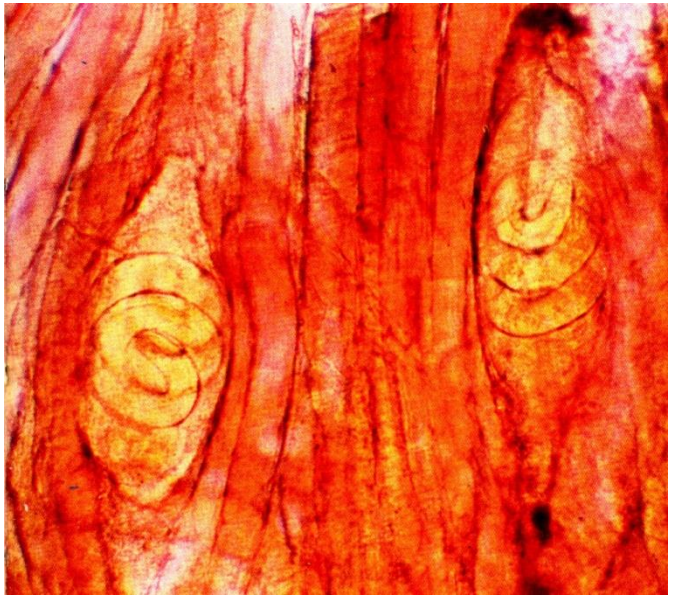
- **Parasiten:** z. B. *Trichinella spiralis*
  - parasitisch in fleischfressenden Säugetieren
  - lebt im Darmepithel
  - Weibchen entlassen ~150 Juvenile / Tag
  - Juvenile wandern zur Muskulatur, ernähren sich von Muskelfasern
  - werden vom Wirt mit Bindegewebskapsel umgeben (bleiben infektiv)



Lebenszyklus von *Trichinella spiralis* (Trichinen)



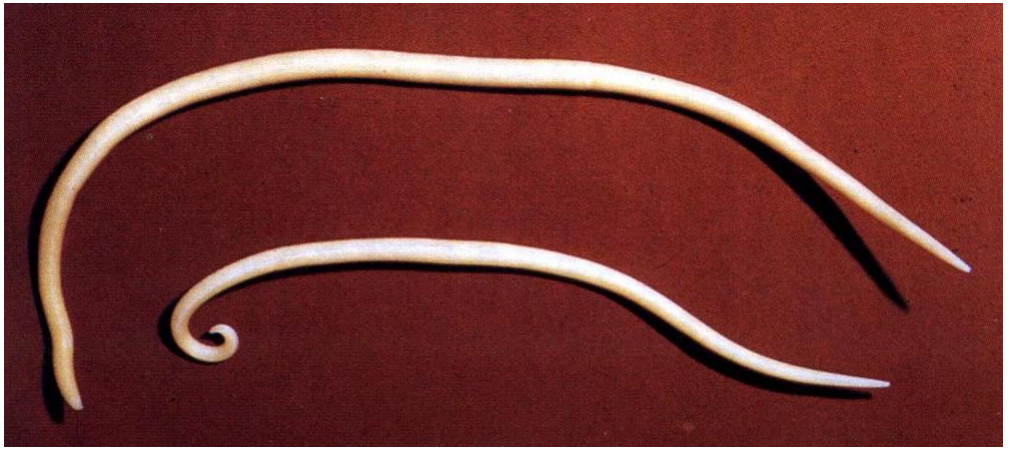


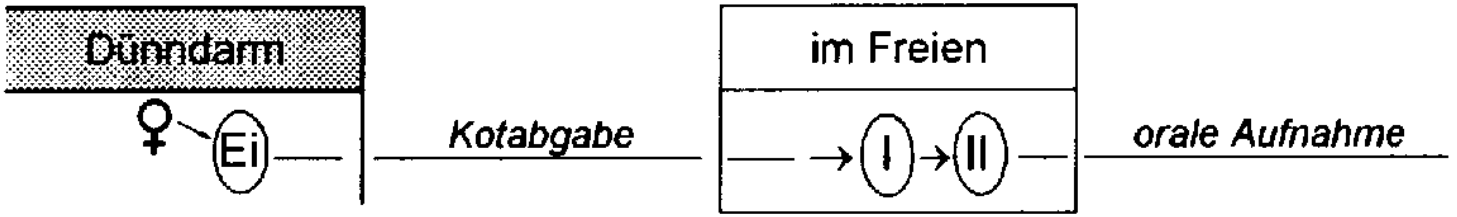


♀ 2-4 mm, ♂ 1.4-1.6 mm
Lebensdauer: 7-8 Wochen im Endwirt
1000-2000 Juvenile (I) insgesamt

Nematoda

Lebenszyklus von *Ascaris lumbricoides* (Spulwurm)





200000 Eier täglich

Darm	Blut	Leber	Blut	Herz	Lunge	Rachen	Darm
→ II				→	III → IV		→ ♀ ♂

♀ 20-40 cm, ♂ 15-20 cm Lebensdauer: 1 Jahr

Lebenszyklus von *Dracunculus medinensis* (Medinawurm)

Leibeshöhle	Unterhaut	
♀♂ Wachstum —	♀ —	*Abgabe der Juv. ins Süßwasser*

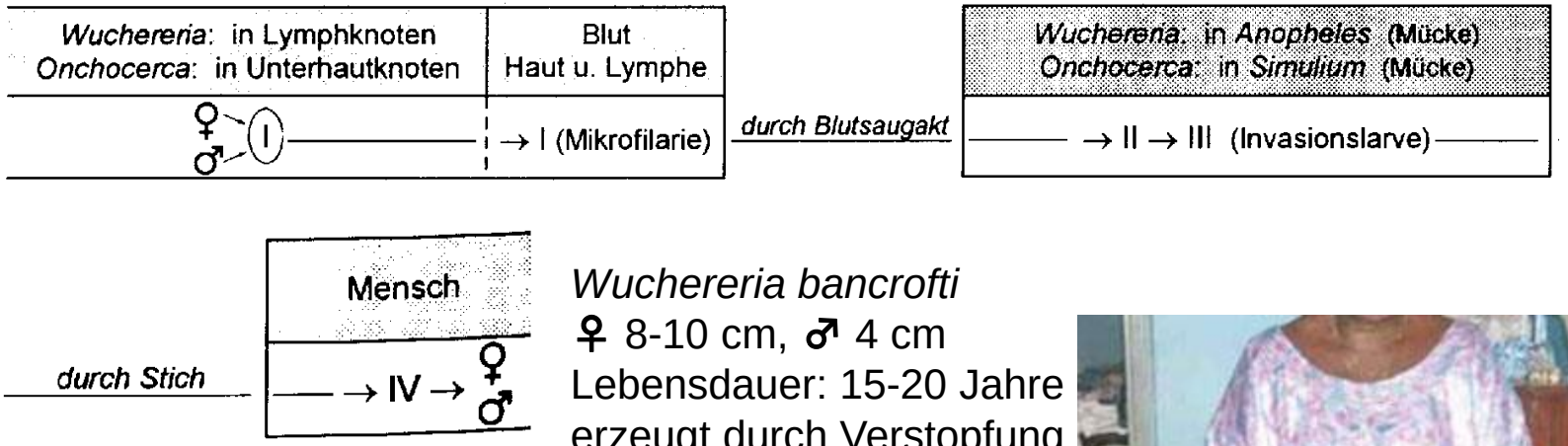
im Süßwasser	in *Cyclops*	
— → I —	— → II → III —	*orale Aufnahme d. infekt. Cyclops*

Darm	Lymphe	Leibeshöhle
—	—	→ IV → ♀♂

♀ 50-120 cm, ♂ 2-4 cm
Lebensdauer: > 1 Jahr
2-3 Mio. Juvenile (I) insgesamt

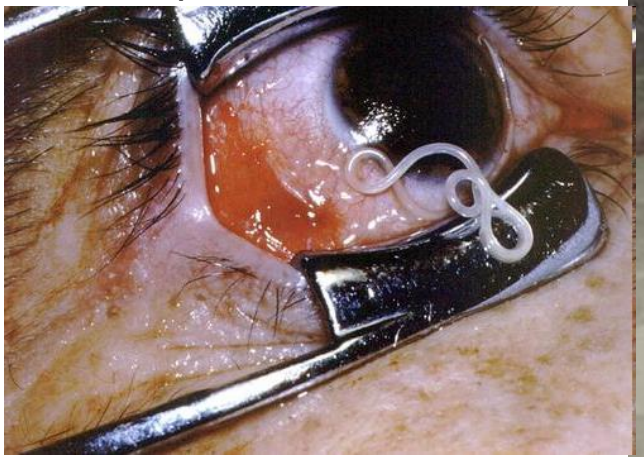
Nematoda

Lebenszyklus der Spirurida (Filarien)



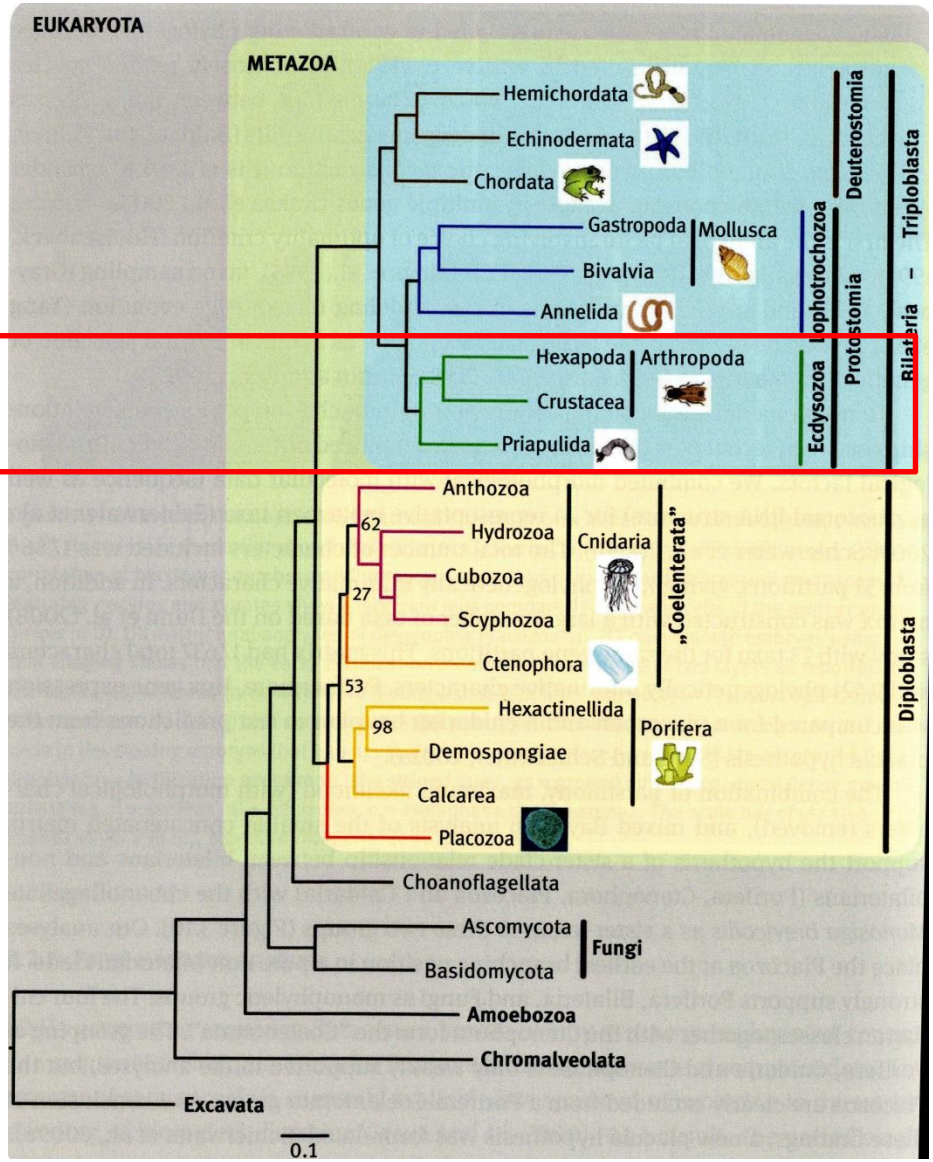
Wuchereria bancrofti
♀ 8-10 cm, ♂ 4 cm
Lebensdauer: 15-20 Jahre
erzeugt durch Verstopfung der Lymphgefäße Elephantiasis

Onchocerca volvulus
♀ 33-50 cm, ♂ 2-4 cm
Lebensdauer: 11 Jahre
Mikrofilarien im Auge erzeugen Flußblindheit



Stammbaum der Metazoa – die „Häutungstiere"

- **Ecdysozoa**
  Arthropoda

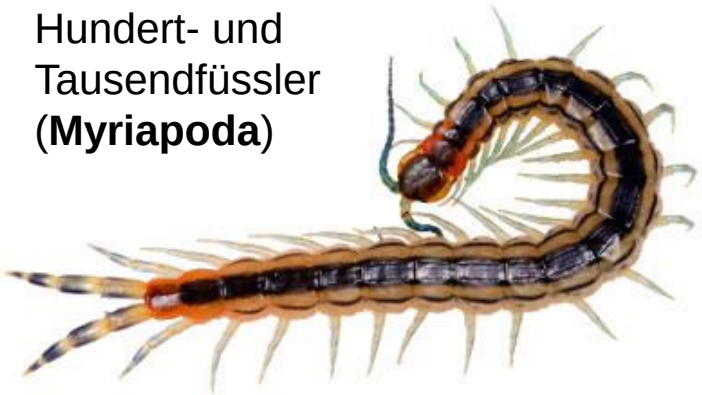


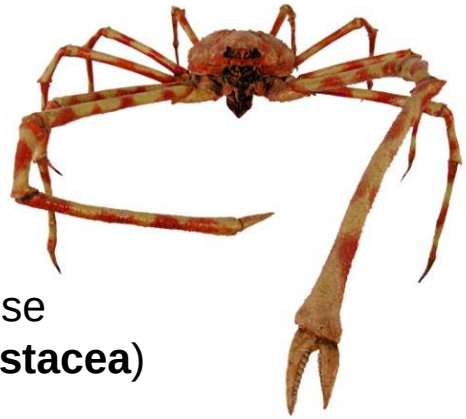
Euarthropoda

- **mit 4 Teilgruppen – Chelicerata & Myriapoda + Crustacea & Insecta**

Spinnentier-Verwandte (**Chelicerata**)

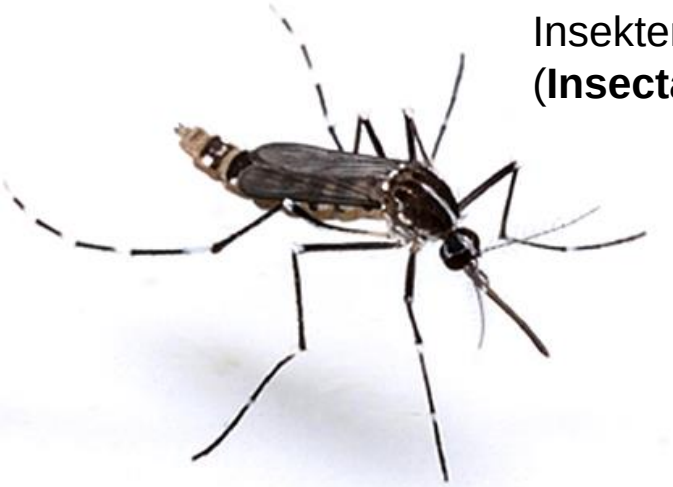
Hundert- und Tausendfüssler (**Myriapoda**)





Krebse (**Crustacea**)

Insekten (**Insecta**)

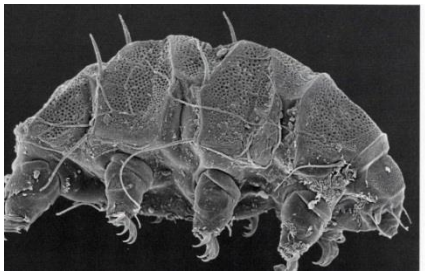


- **5. Trilobita (ausgestorben)**

Die Gliederung der Gliedertiere

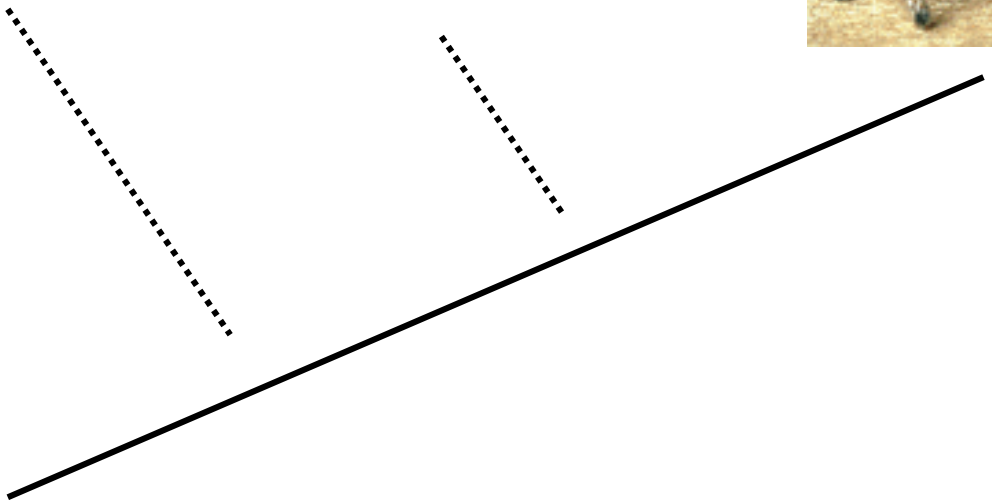
- **Panarthropoda: Bärtierchen & Stummelfüßer**

Tardigrada



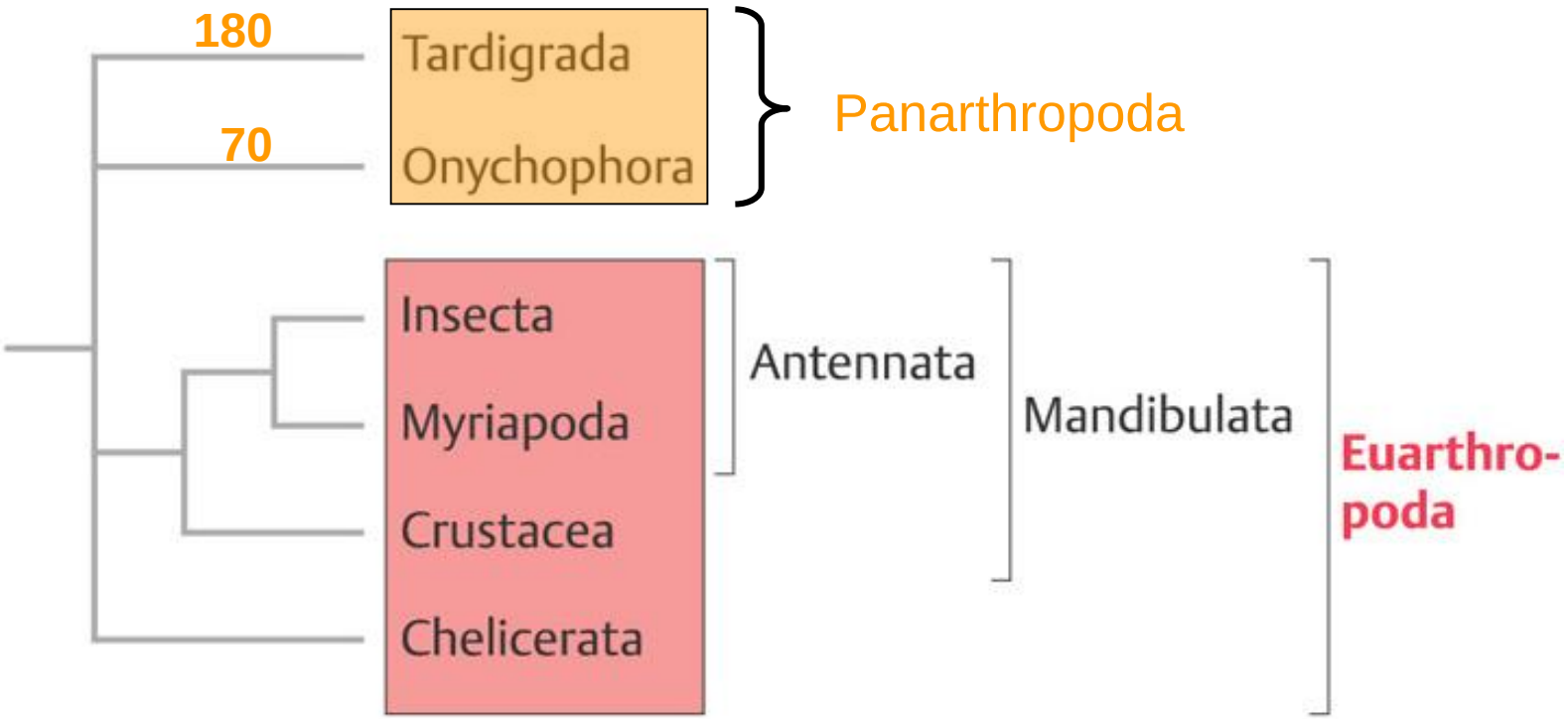
Onychophora

Euarthropoda (Arthropoda)



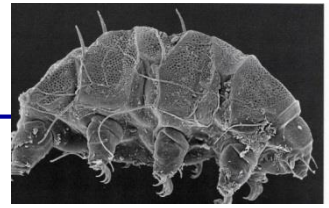
Die Gliederung der Gliedertiere

- **Panarthropoda & Euarthropoda**



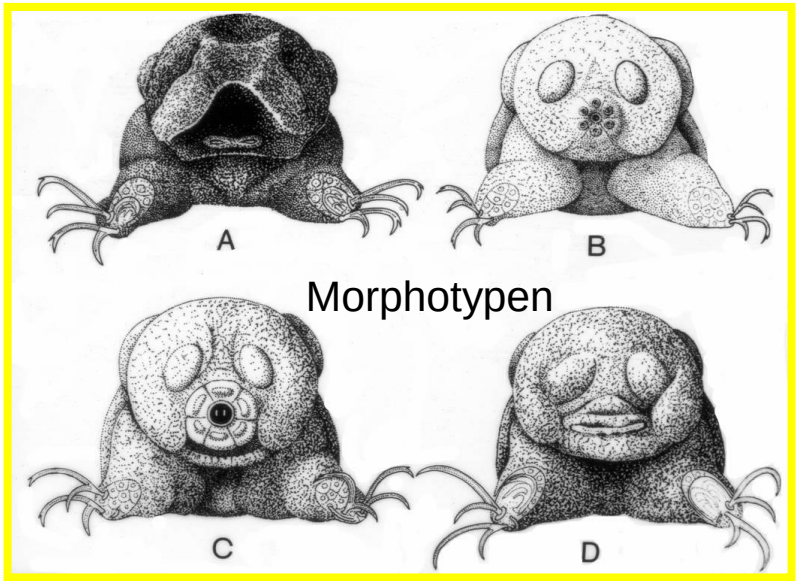
Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Tardigrada

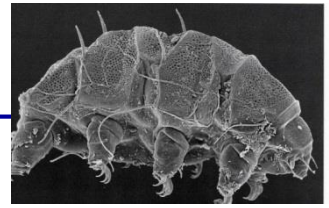


- **Bärtierchen**

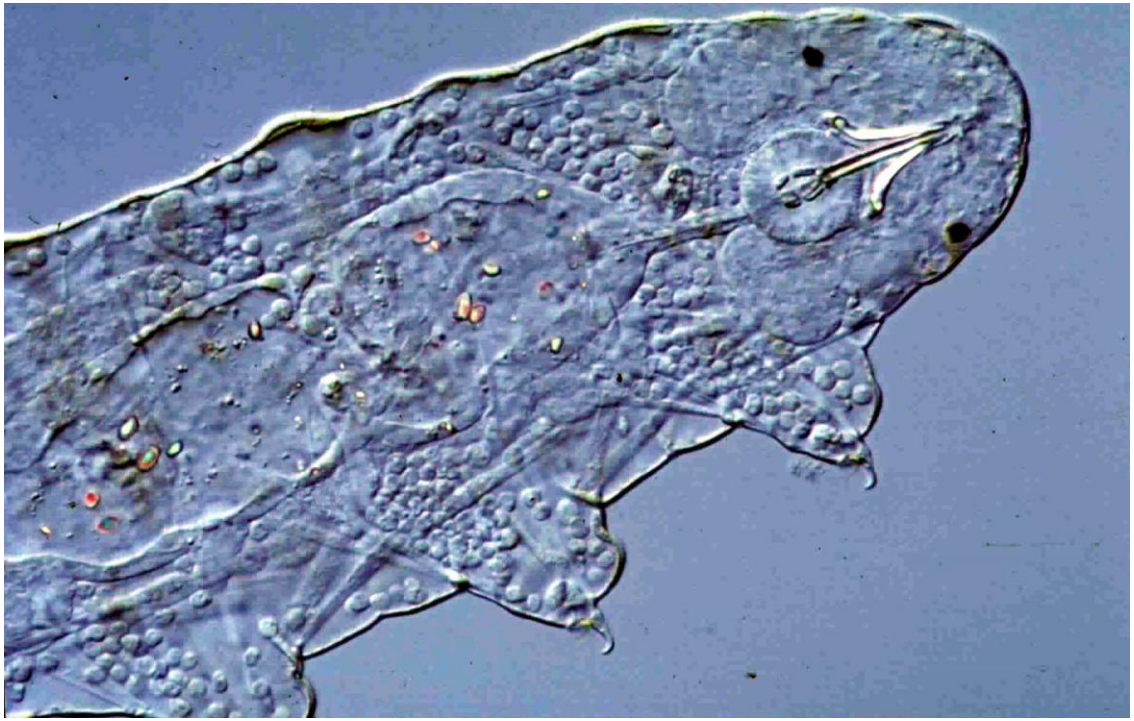
Eutardigrada *Halobiotus crispae*

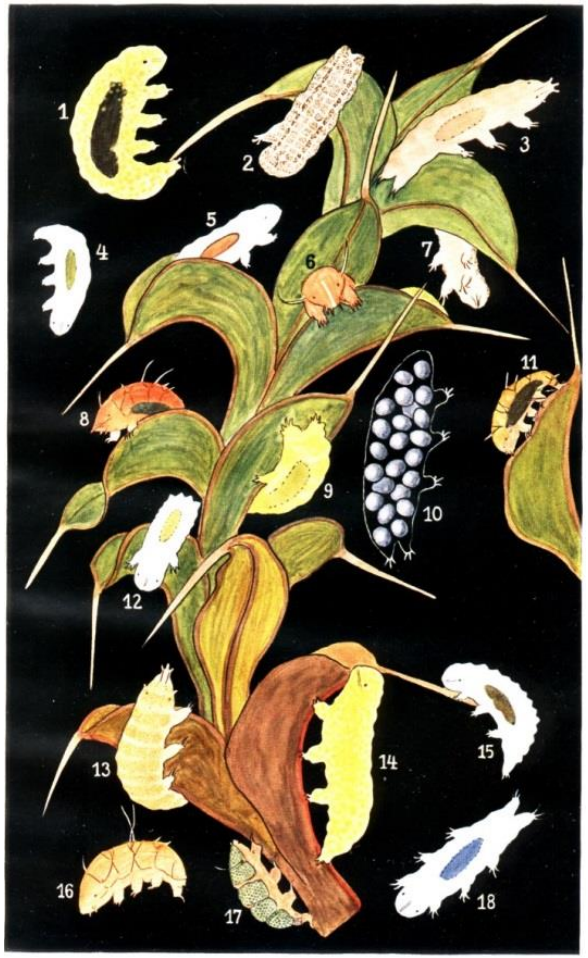


Tardigrada

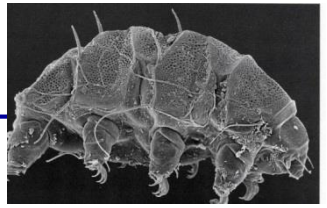


- **Zur Biologie der Bärtierchen**
  - **mikroskopisch klein**
  - **4 Beinpaare**
  - **Saugpharynx und Stilettapparat**
  - **leben terrestrisch (gerne in Moos) oder in Sedimenten von Süßwasser und Meer (c. 180 spp.)**





Tardigrada - Bärtierchen

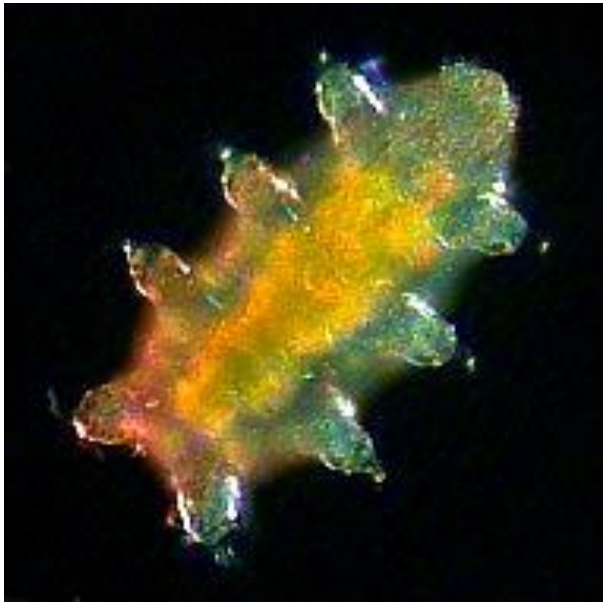


- **Direkte Entwicklung & Anhydrobiose**

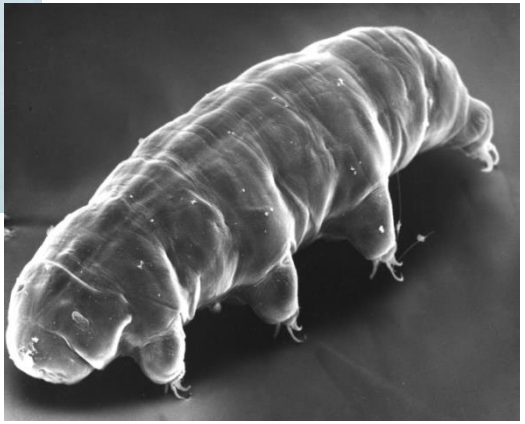
Echiniscus testudo

Der Stoffwechsel wird auf ein Minimum reduziert, die Tiere schrumpfen stark zusammen.

Tönnchen von Echiniscus testudo



***Macrobiotus* sp.**



Onychophora - Stummelfüßer

- **Biologie der *„Samtwürmer“***

- **viele stummelförmige Beinpaare**
- **große Fühler („Antennen“)**
- **fangen Beute (Schnecken, Würmer, Insekten) mit einem Schleimnetz (aus Schleimdrüsen)**
- **leben nur auf den Südkontinenten**
- **an Land, in Laubstreu & feuchten Orten**

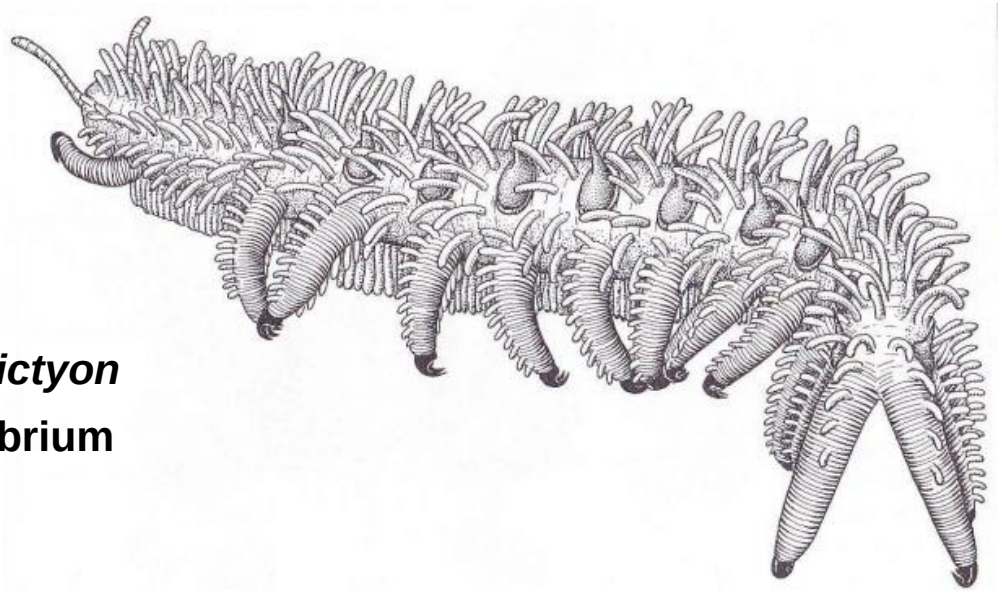
Peripatopsis moseleii

Onychophora

- **Autapomorphien:**

- **Mundhaken (2. Extr. Paar)**
- **Oralpapillen (3. Extr. Paar) & Wehrdrüsen (Speicheldrüsen aus Nephridien)**
- **Büscheltracheen**
- **Markstränge mit 9-10 Kommissuren pro Segment**

- **Verbindung zu Formen des Kambrium (~ 540 mya)**

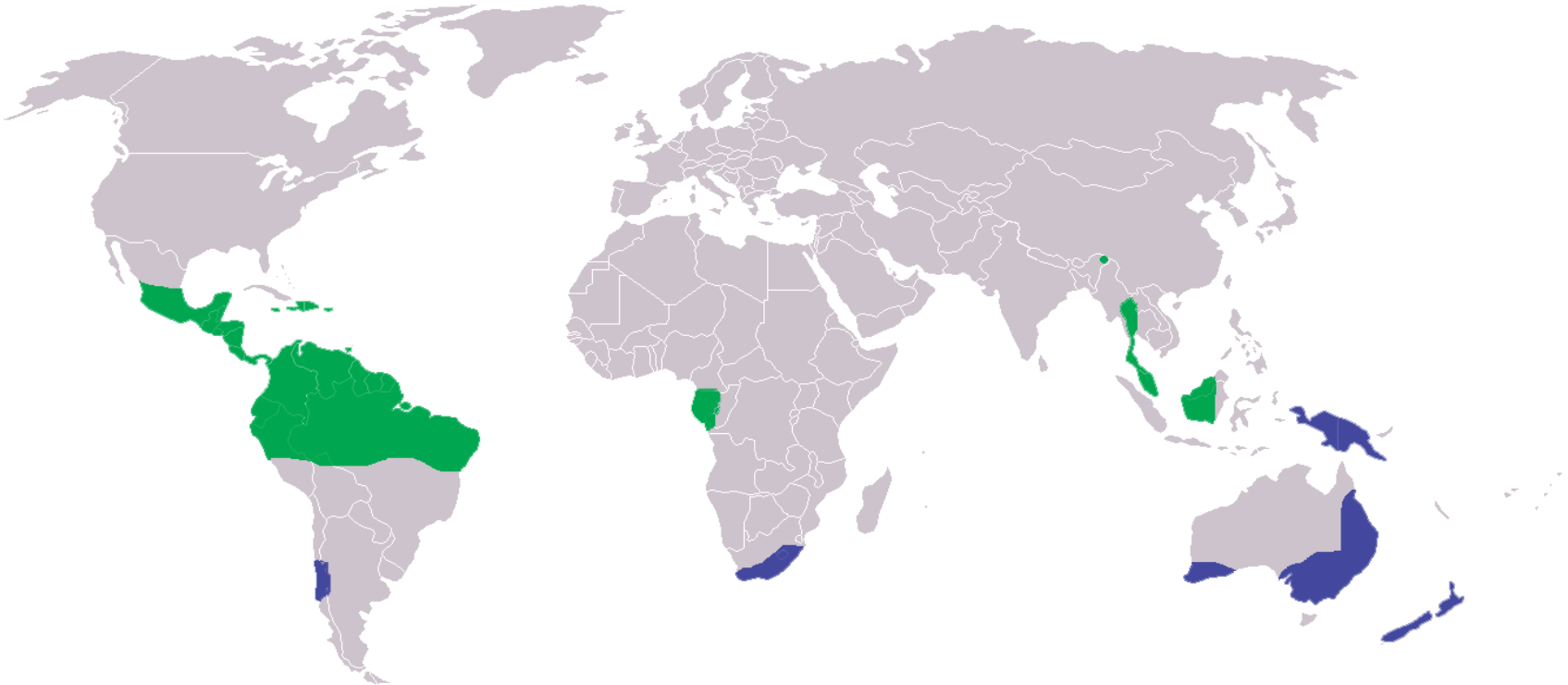


Hallucigenia & Onychodictyon

- Chengjian, frühes Kambrium

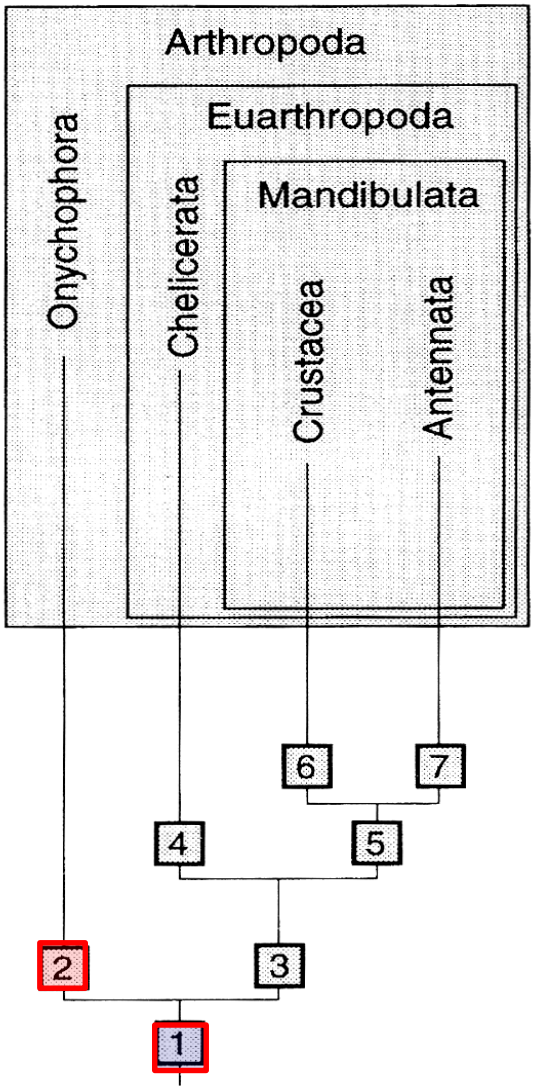
Onychophora

- **Südhalbkugel & Tropen**



- Peripatidae (grün)
- Peripatopsidae (blau)

Panarthropoda & Euarthropoda



Verwandtschaftsbeziehungen der Arthropoda

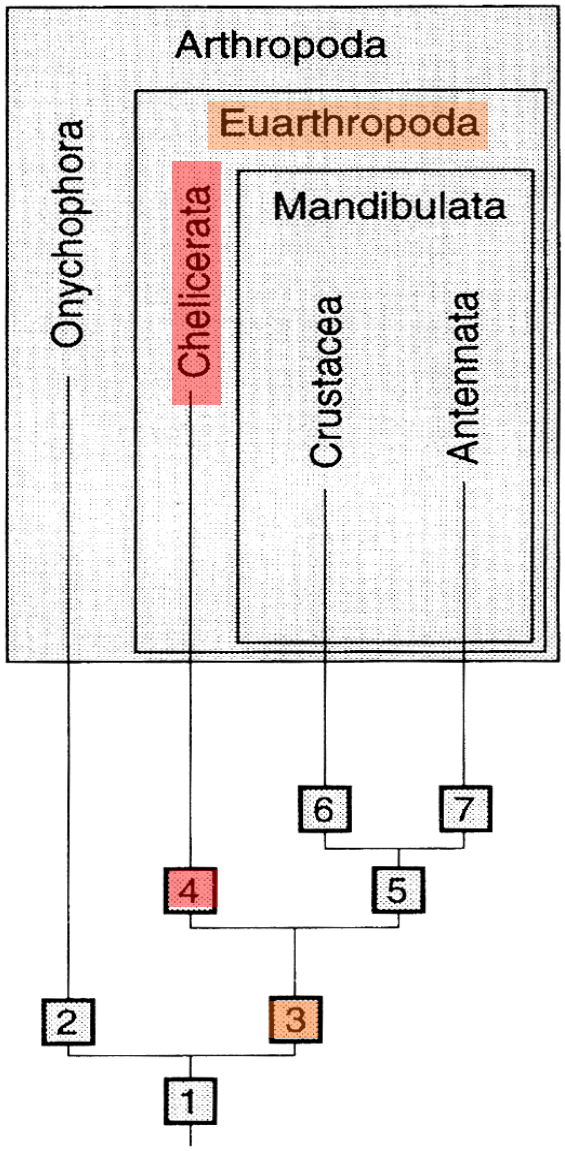
[1] Cuticula aus α-Chitin und Protein mit Häutung,
Verlust äußerer Bewegungscilien,
Mixocoel und offenes BGS, Perikardialseptum,
Nephridien mit Sacculus

[2] Stummelbeine ohne Gelenke, unregelmäßige
Büscheltracheen, NS mit zahlreichen
Kommissuren pro Segment,
Wehrdrüsen mit Oralpapillen

[3] Gliederextremität, Plattenskelett,
Auflösung des Hautmuskelschlauches,
Cephalon aus Acron und 5(?) Segmenten,
1 Paar Facetten- und 4 Medianaugen,
Nephridien in 4 Kopf- und 2 Rumpfsegmenten
[4] Gliederung des Körper in Pro (7)- und
Opisthosoma (12 Segmente)
Segment der II. Antennen mit Cheliceren
als 1. Extremitätenpaar
[5] Kopf aus Acron + 6 Segmente
[6] Naupliusauge; 2 Paar Nephridien im
Segment Antenne II bzw. der Max. II
[7] Verlust der 2. Antennen, Interkalarsegment
ektodermale Malpighische Gefäße

Quelle: Westheide-Rieger; Spezielle Zoologie, 2004

Euarthropoda



Verwandtschaftsbeziehungen der Arthropoda

[1] Cuticula aus α-Chitin und Proteinen
Mixocoel und offenes Blutgefäßsystem
Nephridium mit Sacculus

[2] Stummelbeine ohne Gelenke

[3] Gliederextremität; Exoskelett aus Platten u. Auflösung des Hautmuskelschlauches in einzelne Muskeln
1 Paar Facetten- und 4 Medianaugen

[4] Gliederung des Körper in Pro (7)- und Opisthosoma (12 Segmente)
Segment der II. Antennen mit Cheliceren als 1. Extremitätenpaar

[5] Kopf aus Acron + 6 Segmente

[6] Naupliusauge; 2 Paar Nephridien im Segment Antenne II bzw. der Max. II

[7] Verlust der 2. Antennen, Interkalarsegment ektodermale Malpighische Gefäße

nach Westheide & Rieger

Arthropoda vs. Annelida

- **G. Cuvier (1817) – „Articulata“-Konzept**

Merkmale der Arthropoda im Vergleich:

Gemeinsamkeiten mit Annelida:

- Metamerie
- dorsales Herz
- Strickleiternervensystem

Unterschiede zu Annelida:

- Metamerie innerlich verwischt – Mixocöl
- Mixocöl – Coelomkammern verschmelzen mit primärer Leibeshöhle zu einheitlichem Hohlraum
- Segmentierung heteronom (bei Annelida homonom)
- Bildung von Tagmata (Funktionskomplexen), z. B. Prosoma, Opisthosoma
- NS hoch organisiert in Proto-, Deuto- Tritocerebrum
- Cuticula starkt sklerotisiert (Exoskelett)

- ***„… phylogenetisch leiten sie sich von ursprünglichen Anneliden ab.“***

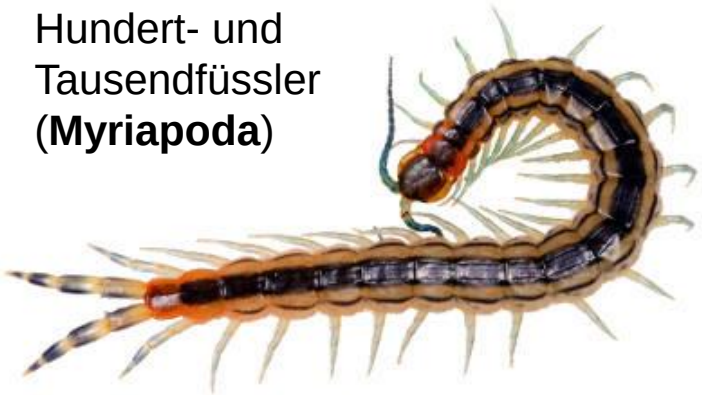
(Hadorn & Wehner, 20. Aufl. (1978)

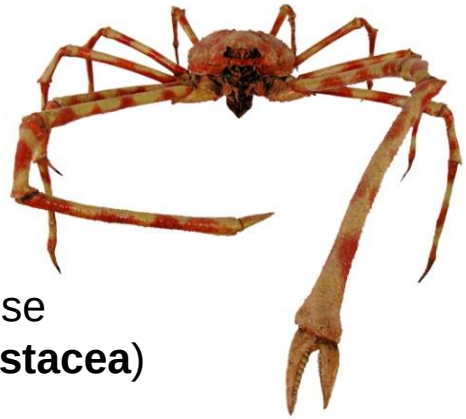
Euarthropoda

- **mit 4 Teilgruppen – Chelicerata & Myriapoda + Crustacea & Insecta**

Spinnentier-Verwandte (**Chelicerata**)

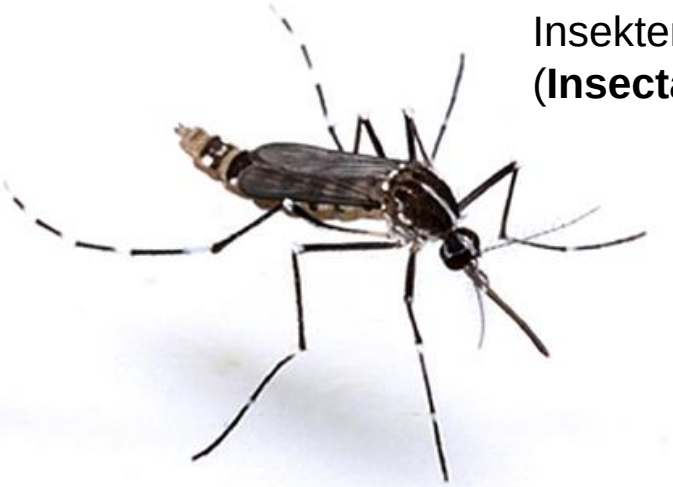
Hundert- und Tausendfüssler (**Myriapoda**)





Krebse (**Crustacea**)

Insekten (**Insecta**)



- **5. Trilobita (ausgestorben)**

Phylogenie der Chelicerata

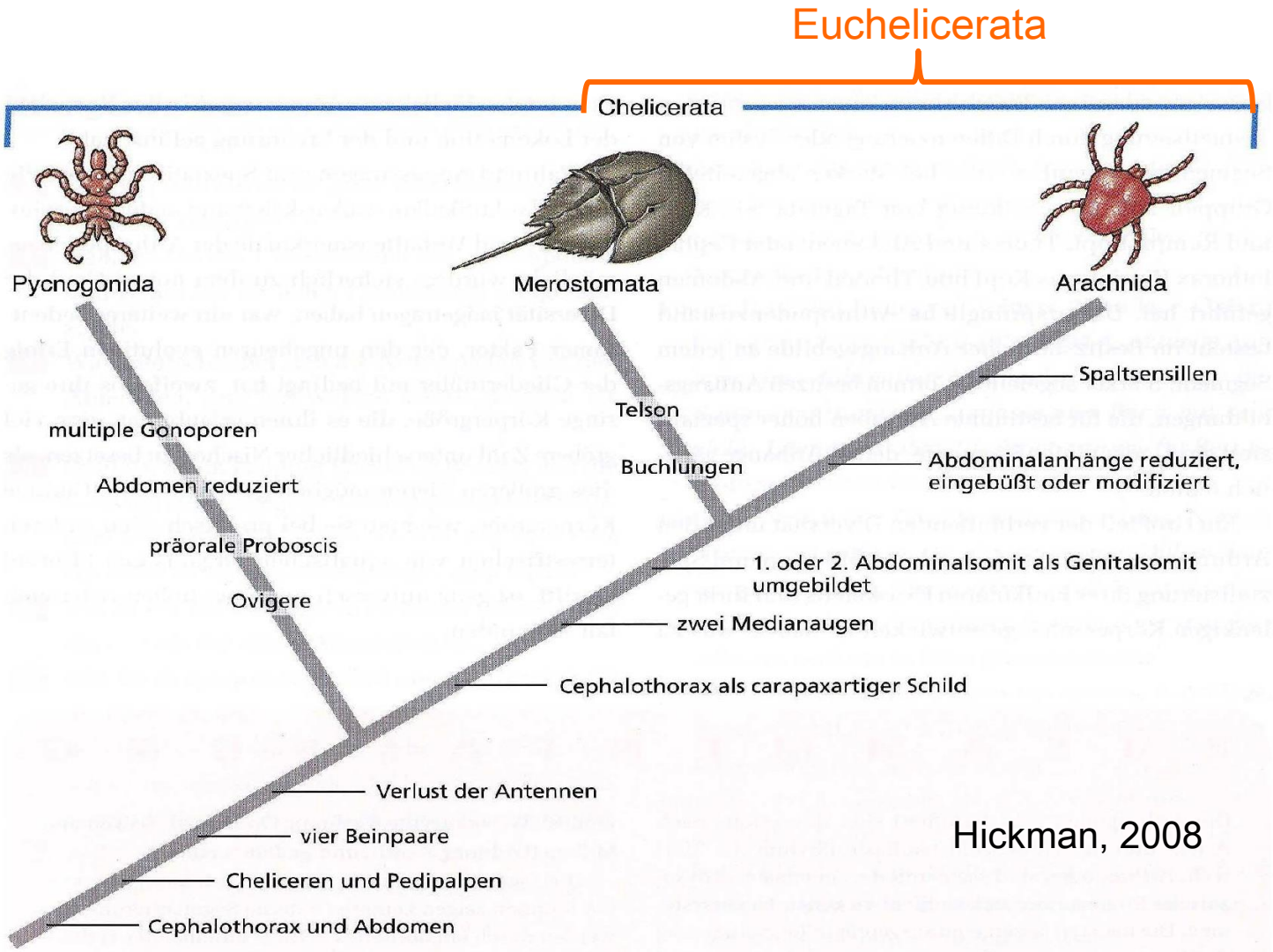
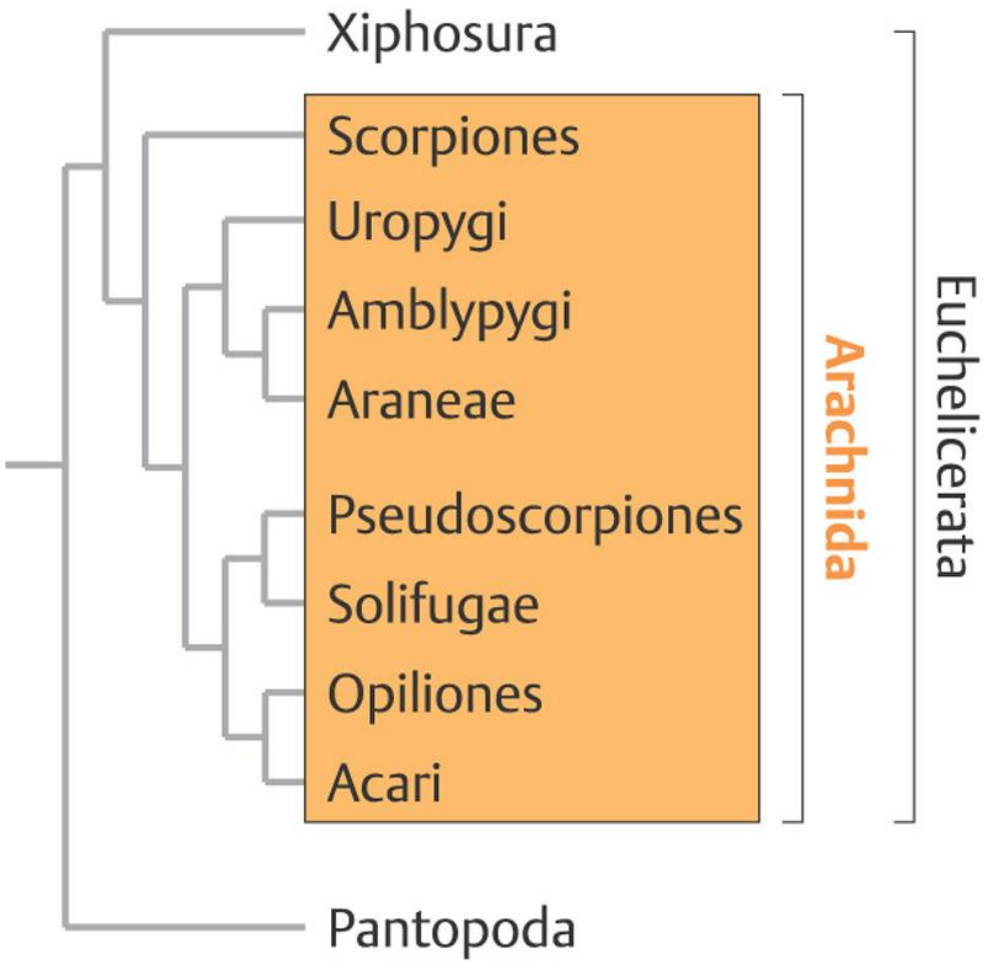


Abbildung 18.17: Kladogramm der Cheliceraten. Dies ist eines der vorgeschlagenen Modelle der verwandtschaftlichen Beziehungen im Kladus der Cheliceraten. Gemeinsame abgeleitete Merkmale, die zur Konstruktion des Kladogramms herangezogen wurden, sind an den abzweigenden Linien aufgeführt.

System der Chelicerata



- **Schwertschwänze**

  marin !

- **Spinnentiere**

- **Asselspinnen**

  marin !

Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

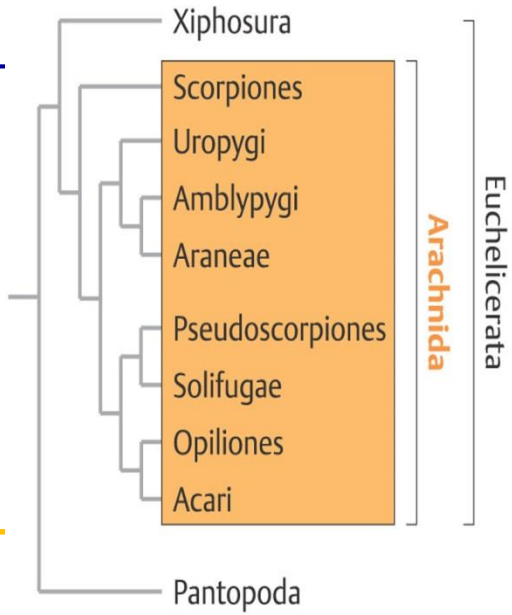
Chelicerata

- **Spinnentiere, 60.000 rezente Arten**

Merostomata, Xiphosura (Schwertschwänze) - 4 Arten

Eurypterida (Gigantostraca), Seeskorpione (ausgestorben)

Pantopoda, Pycnogonida (Asselspinnen) - 1.000 Arten



Arachnida (Spinnentiere i.e.S) ~ 60.000 Arten

Scorpiones (Skorpione) ca. 1.400 Arten
Uropygi (Geisselskorpione) ca. 180 Arten
Amblypygi (Geisselspinnen) ca. 100 Arten

Araneae (Webspinnen) ~ 34.000 Arten

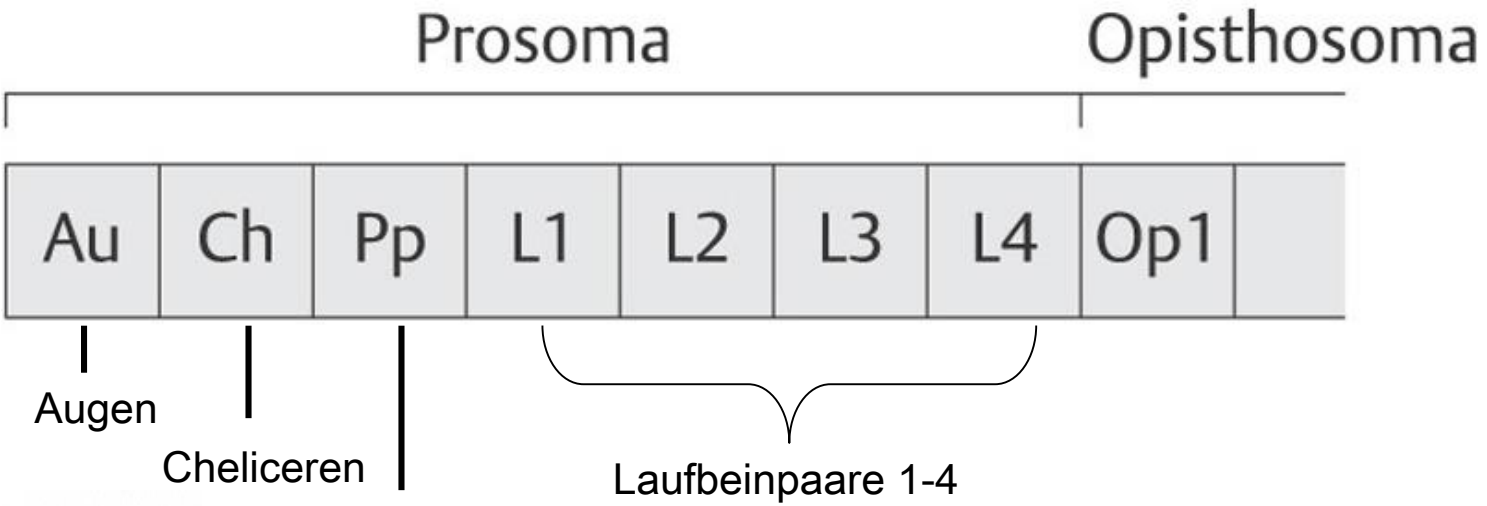
Palpigradi (Palpenläufer) ca. 60 Arten
Pseudoscorpiones (Pseudo-, Bücher-, oder Afterskorp.) 3.000 Arten
Solifugae (Walzenspinnen) über 900 Arten

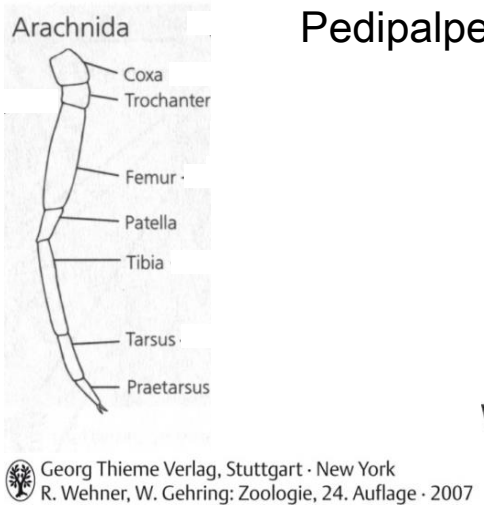
Opiliones (Weberknechte) - 6.400 Arten
Ricinulei (Kapuzenspinnen) 40 Arten

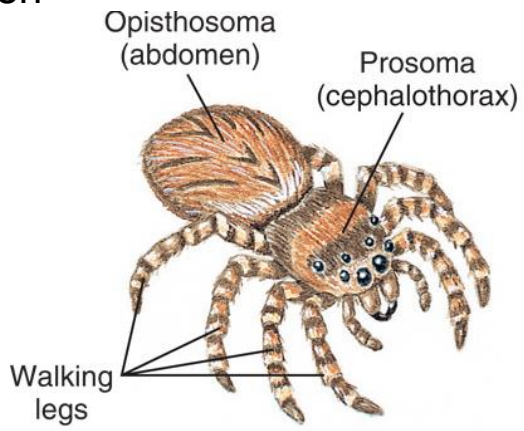
Acari (Milben) >35.000 Arten, vermutl. mehr als 100.000

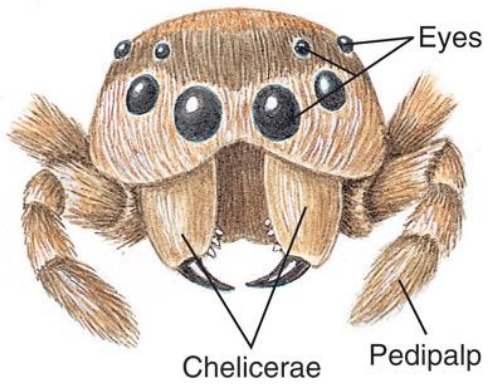
Chelicerata

- **Tagmatabildung: Gliederung des Körper (7 + 12 Segmente)**







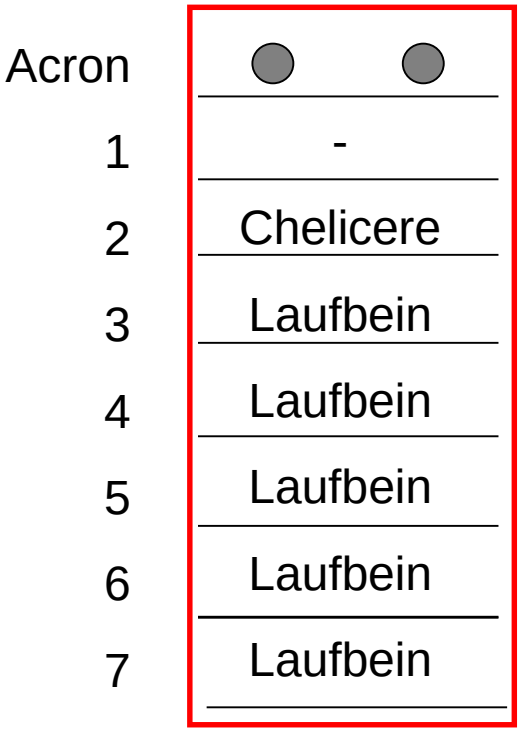


Grundmuster der Chelicerata

- **Tagmata-Bildung**

Zum Grundmuster der Chelicerata gehört folgende Körpergliederung:

- **Prosoma** (Acron + 7 Segmente) – **Opisthosoma** (12 Segmente) + **Tergaldorn** (= Segment 13)



- Im Kopfbereich befindet sich am 2. Segment eine **Chelicere** (zum Ergreifen – nicht Kauen)

(das 1. Segment hat keine Kopfextremität,
ab dem 3. Segment folgen Laufbeine)

- Das Opisthosoma unterteilt sich in:

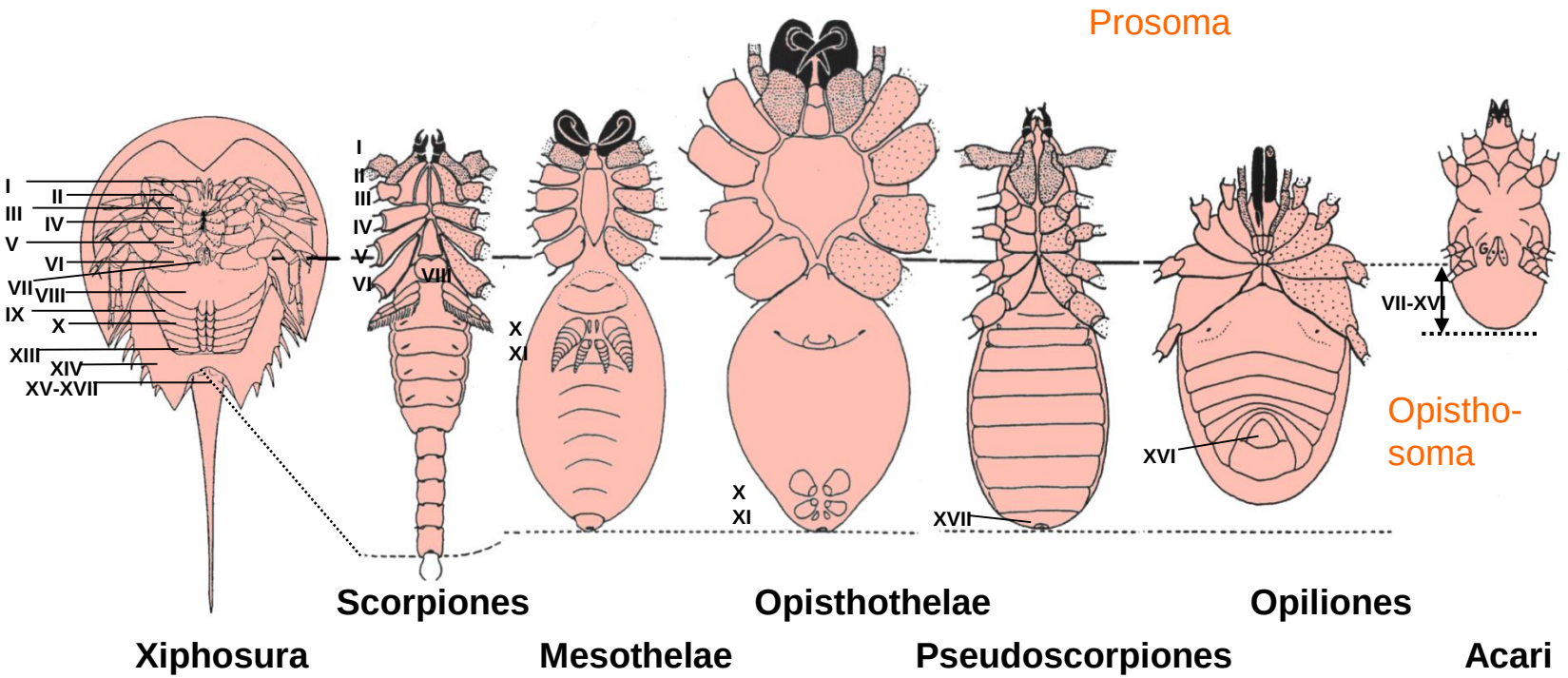
  - **Mesosoma** (7 Segmente mit Extremitäten)

  - **Metasoma** (5 Segmente ohne Extremitäten)

Die segmentale Gliederung der Chelicerata

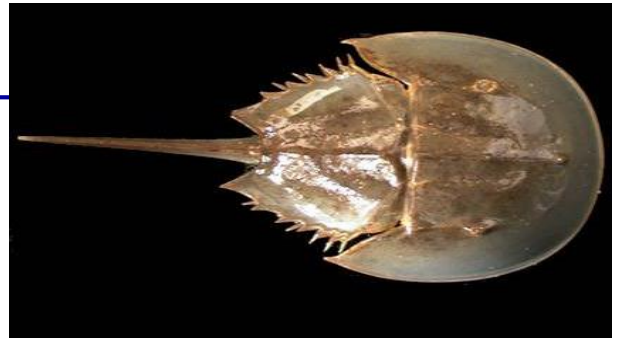
- **Tagmata-Bildung:** **kleine Abwandlung – große neue adapt. Evolution**

Anzahl / Verschmelzung

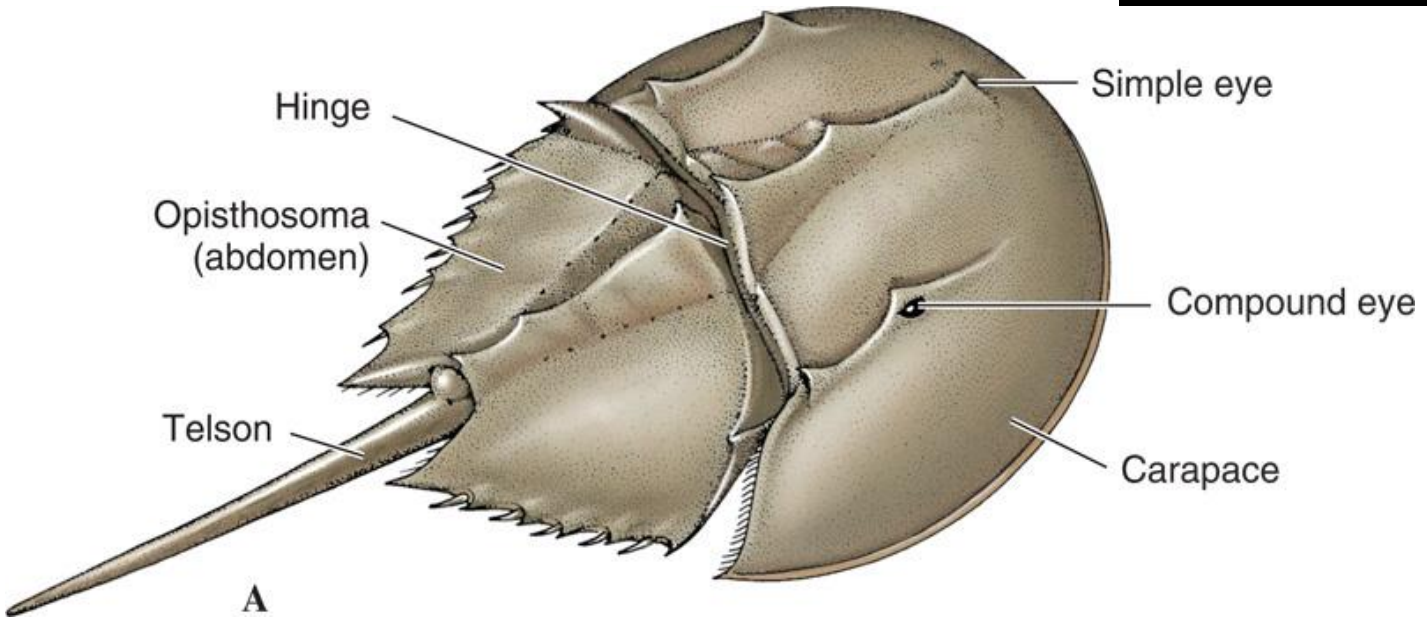


- **Differenzierung Opisthosoma !** **(Prosoma ohne getrennte Abschnitte / - Kopf-Thorax)**

Chelicerata – Merostomata / Xiphosura

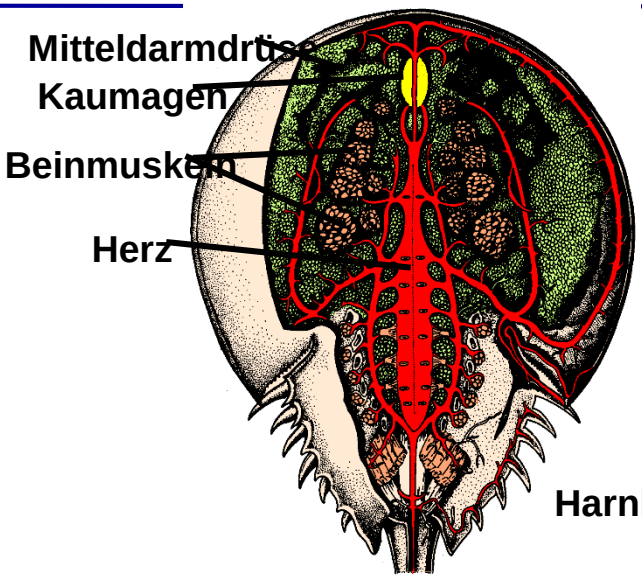


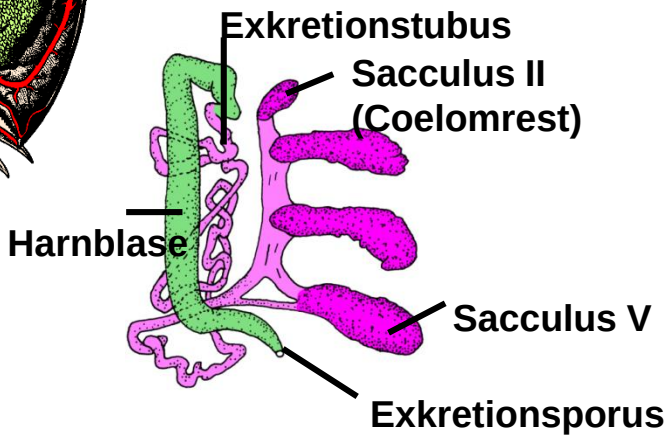
- **Pfeilschwanz“krebse“**
  - ***“Lebende Fossilien”***
  - **wenig Veränderung über 425 Millionen Jahre**
  - **marine Chelicerata**
  - **verkörpern Grundmuster**

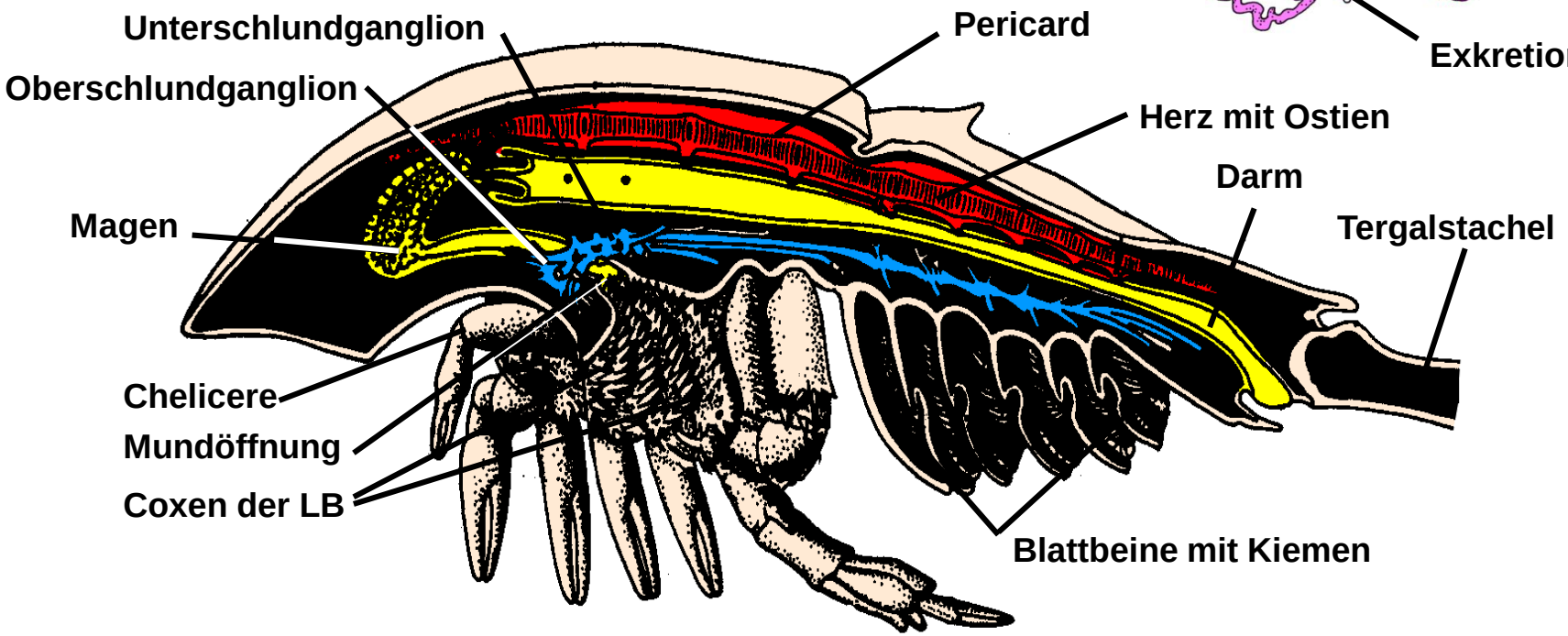


Merostomata / Xiphosura

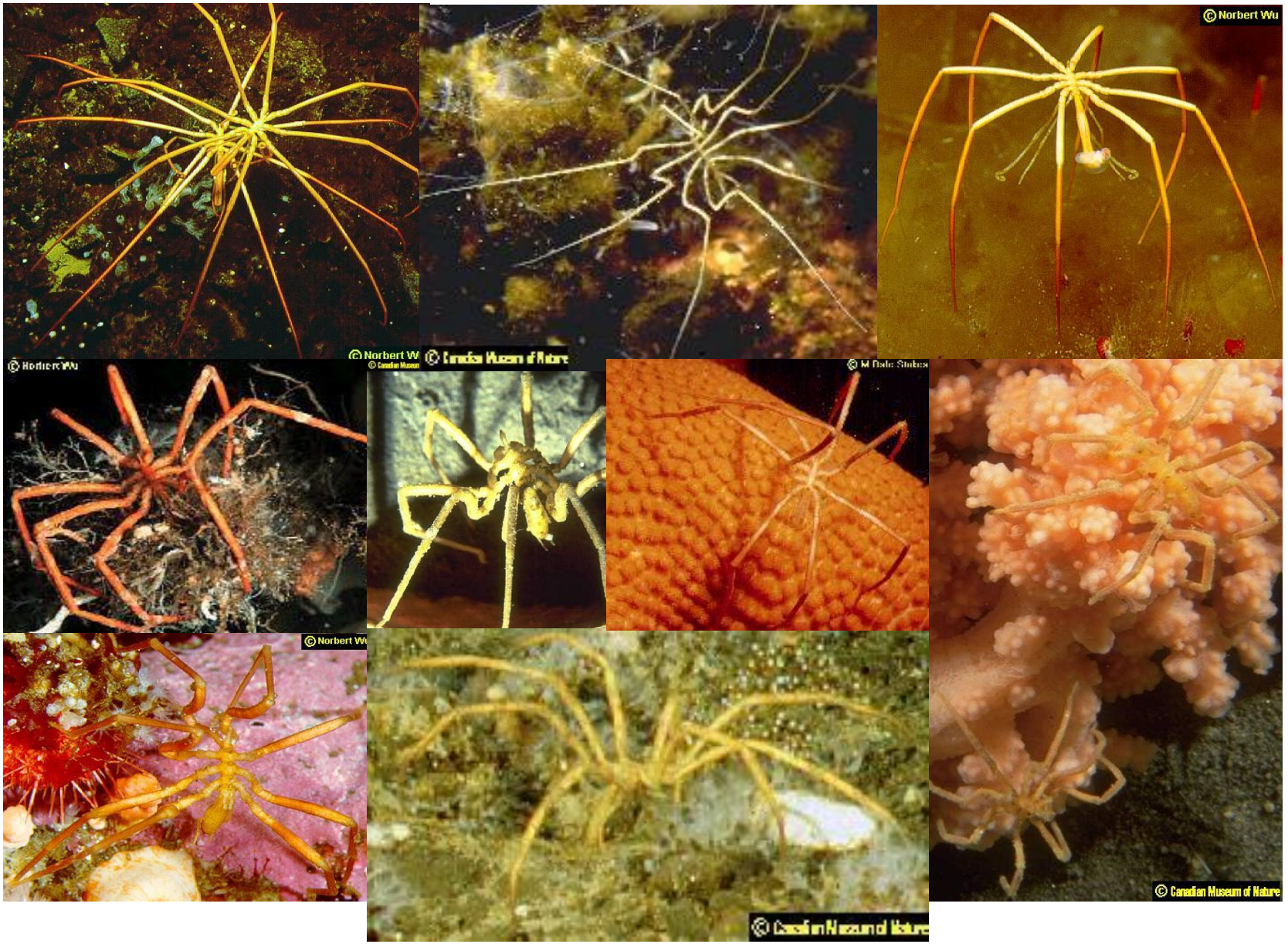
- ***Limulus polyphemus***





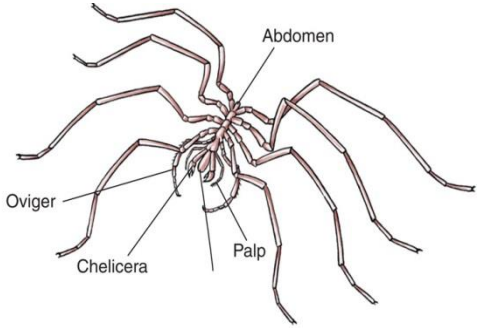


Pantopoda / Pycnogonida – Asselspinnen



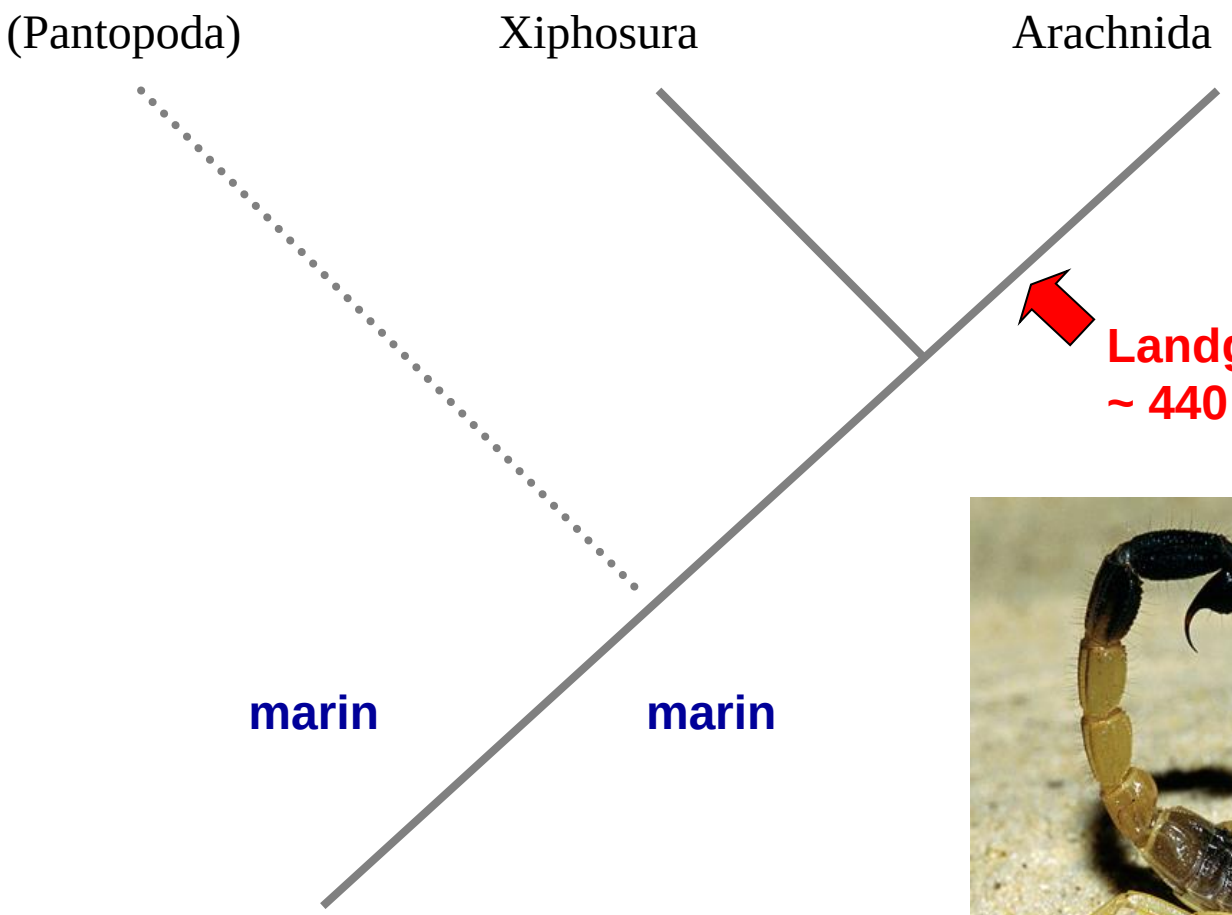
Pantopoda – Asselspinnen

- **räuberische marine Chelicerata**
  - **fast kein Abdomen**
  - **Darm mit langen Mitteldarmdrüsenausläufern, die sich bis in die Beine erstrecken**
  - **Lange Proboscis mit terminalem Mund**
  - **ernähren sich von Cnidariern oder weichhäutigen Invertebraten**
  - **Männchen betreiben Brutpflege**



Ein großer Schritt der Evolution

- **Verwandtschaft der Chelicerata**



Landgang der Spinnentiere

- **Anpassungen an das Landleben der Arachnida**

  - **Fächerlungen** als Atemorgane - 1-4 Opisthosoma-Seg. (sekundär durch andere Atemorgane ersetzt)

    Fächer- und Röhrentracheen = nicht homolog den der Insecta (Thoracal- und Abdominal-Segm., mit Stigmenverengung & Intima-Auskleidung)

  - Exkretion durch **entodermale Malpighische Schläuche** (Insekta: ektodermal!)

  - **innere Befruchtung** (bei *Limulus* - äußere Befruchtung)

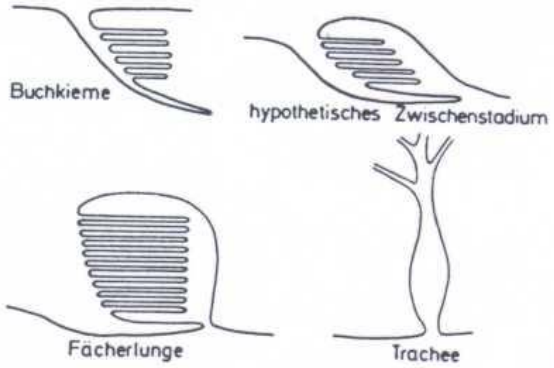


Abb. 846: Umwandlung von Buchkiemen an einer Opisthosomaextremität über ein hypothetisches Zwischenstadium in eine Fächerlunge und in eine Trachee; schematische Längsschnitte. (nach verschiedenen Autoren).

- **Weitere Apomorphien der Arachnida**

  - **Pedipalpen** der den Cheliceren folgenden Extremität – spezialisiert (verbleiben 4 Prosoma-Extremitäten zur Lokomotion)

  - Die Facettenaugen lösen sich zu ursprünglich 5 Paar **Seitenaugen** auf (Die Xiphosura sind die einzigen Cheliceraten mit Komplexaugen!)

  - **Trichobothrien** - spezielle Sinneshaare, nehmen Luftbewegungen wahr

Arachnida - Spinnentiere

- **meist terrestrisch (wenige aquatische Arten)**

- Fehlen von Antennen

- vorderstes Extremitätenpaar zu Greif- oder Stechorganen umgewandelt (**Cheliceren**) = Nahrungserwerb
- Cheliceren enden meist mit Scheren (bei den meisten Ordnungen)

- ausgestattet mit einer Gift- oder Spinndrüse

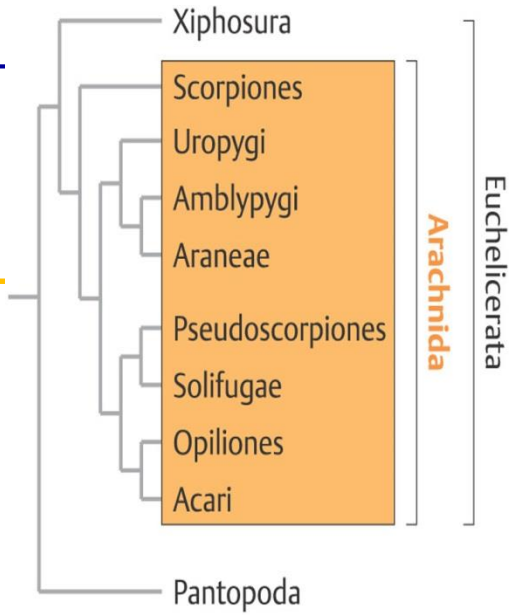
- Vorderkörper (**Prosoma**) aus 7 Segmenten, die Laufbeine oder umgewandelte Extremitäten tragen
- Hinterkörper (**Opisthosoma**) aus 11 Segmenten
- Prostomium (**Akron**) ist nicht als Segment zu zählen

- Segmentierung am Vorderkörper durch **Peltidium** verdeckt, am Hinterkörper erhalten

- **Extremitäten**: 1) Cheliceren (1 Paar)
  2) 1 Paar Pedipalpen (bein-, tasterförmig / scherentrag. Greiforgane)
  3) anschließend 4 Laufbeinpaare

Chelicerata

- **Spinnentiere, 60.000 rezente Arten**



Arachnida (Spinnentiere i.e.S) ~ 60.000 Arten

Scorpiones (Skorpione) ca. 1.400 Arten
Uropygi (Geisselskorpione) ca. 180 Arten
Amblypygi (Geisselspinnen) ca. 100 Arten

Araneae (Webspinnen) ~ 34.000 Arten

Palpigradi (Palpenläufer) ca. 60 Arten
Pseudoscorpiones (Pseudo-, Bücher-, oder Afterskorp.) 3.000 Arten
Solifugae (Walzenspinnen) über 900 Arten

Opiliones (Weberknechte) 6.400 Arten
Ricinulei (Kapuzenspinnen) 40 Arten

Acari (Milben) >35.000 Arten, vermutl. mehr als 100.000

Die Vielfalt der Arachnida

- **Spinnentiere im engeren Spinne**

Geißelspinnen
© Zoological Museum, Natural History Museum of Denmark, University of Copenhagen
Curator: Associate Professor, Nikolaj Scharff

Scorpiones

- **1.400 Arten**

- **Bauplan** seit Devon (~ 400 mya)

- **Prosoma** mit **einheitlicher Rückendecke (Peltidium)**

- **Opisthosoma** geteilt in Mesosoma und Metasoma, letztes Segment mit **Giftblase** und Stachel

- **Pedipalpen** bilden große, waagerecht getragene Scheren

- 4 Paar **Fächerlungen**

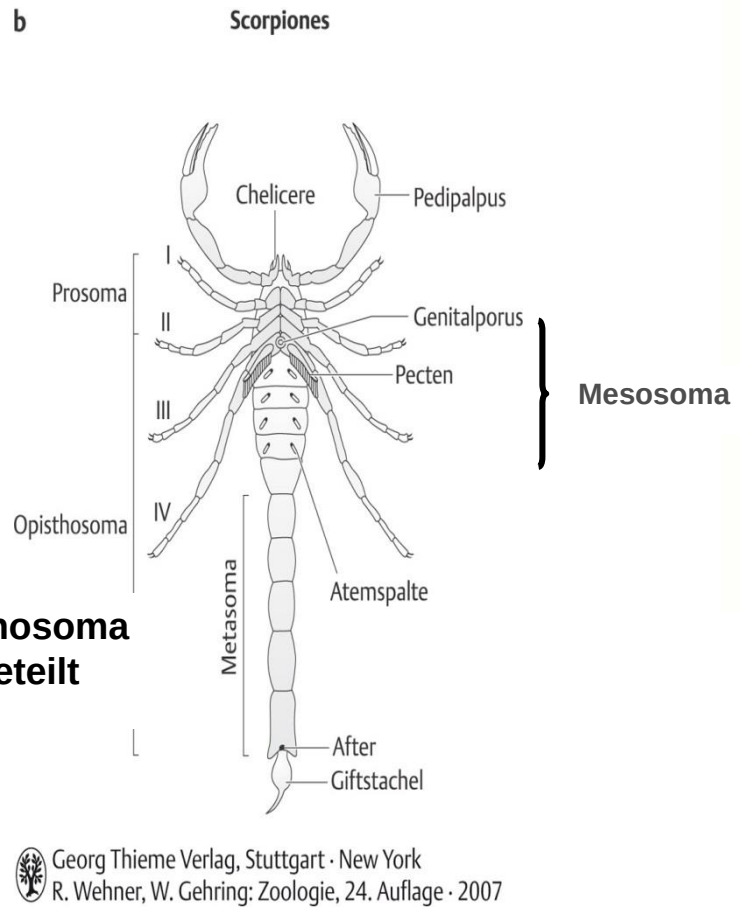
- Umbildung der Extremitäten des 3. Opisthosomasegmentes in Kämme (**Pectines**), die mit Sinneszellen besetzt sind

- **Viviparie**

Scorpiones

Skorpione zeigen deutlich die Gliederung des Opisthosomas in Meso- und Metasoma,

Mesosoma breit mit dem Prosoma verschmolzen.



Opisthosoma zweigeteilt

Pedipalpen

Pro- + Mesosoma

4 Laufbeine

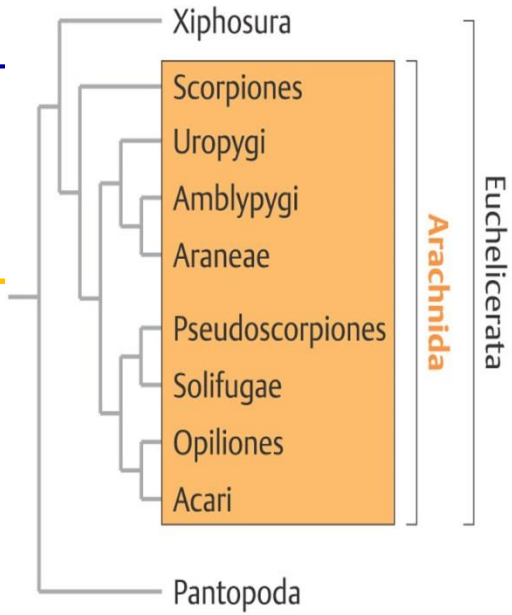
Metasoma mit Giftstachel

Der Tergaldorn wird zum Giftstachel.

Die Cheliceren sind klein,
die Pedipalpen große Greiforgane

Chelicerata

- **Spinnentiere, 60.000 rezente Arten**



Arachnida (Spinnentiere i.e.S) ~ 60.000 Arten

Scorpiones (Skorpione) ca. 1.400 Arten
Uropygi (Geisselskorpione) ca. 180 Arten
Amblypygi (Geisselspinnen) ca. 100 Arten

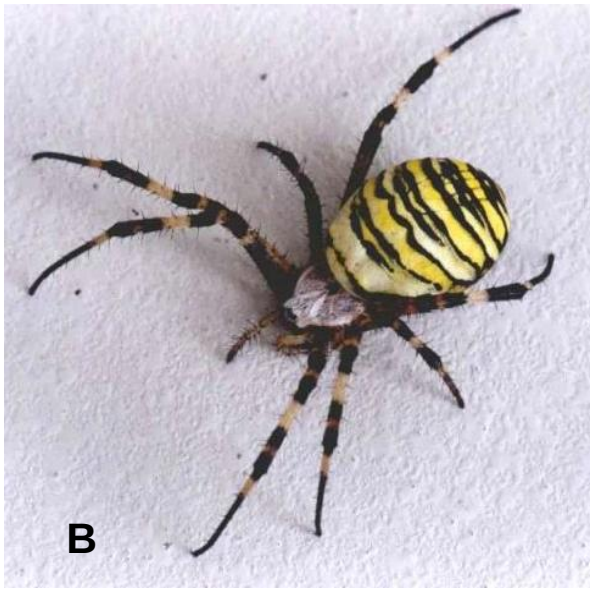
Araneae (Webspinnen) ~ 34.000 Arten

Palpigradi (Palpenläufer) ca. 60 Arten
Pseudoscorpiones (Pseudo-, Bücher-, oder Afterskorp.) 3.000 Arten
Solifugae (Walzenspinnen) über 900 Arten

Opiliones (Weberknechte) - 6.400 Arten
Ricinulei (Kapuzenspinnen) 40 Arten

Acari (Milben) >35.000 Arten, vermutl. mehr als 100.000

Araneae



Spinnen

A Kreuzspinne
B *Argiope*
C Vogelspinne
D Schwarze Witwe (Ventralseite)

Arachnida

Agelenopsis sp. Tunnelnetzspinne

COPYRIGHT @ 2004-2005 BORIS KRYLOV, WWW.MACRO-PHOTO.ORG

Araneae

Salticidae

Springspinnen

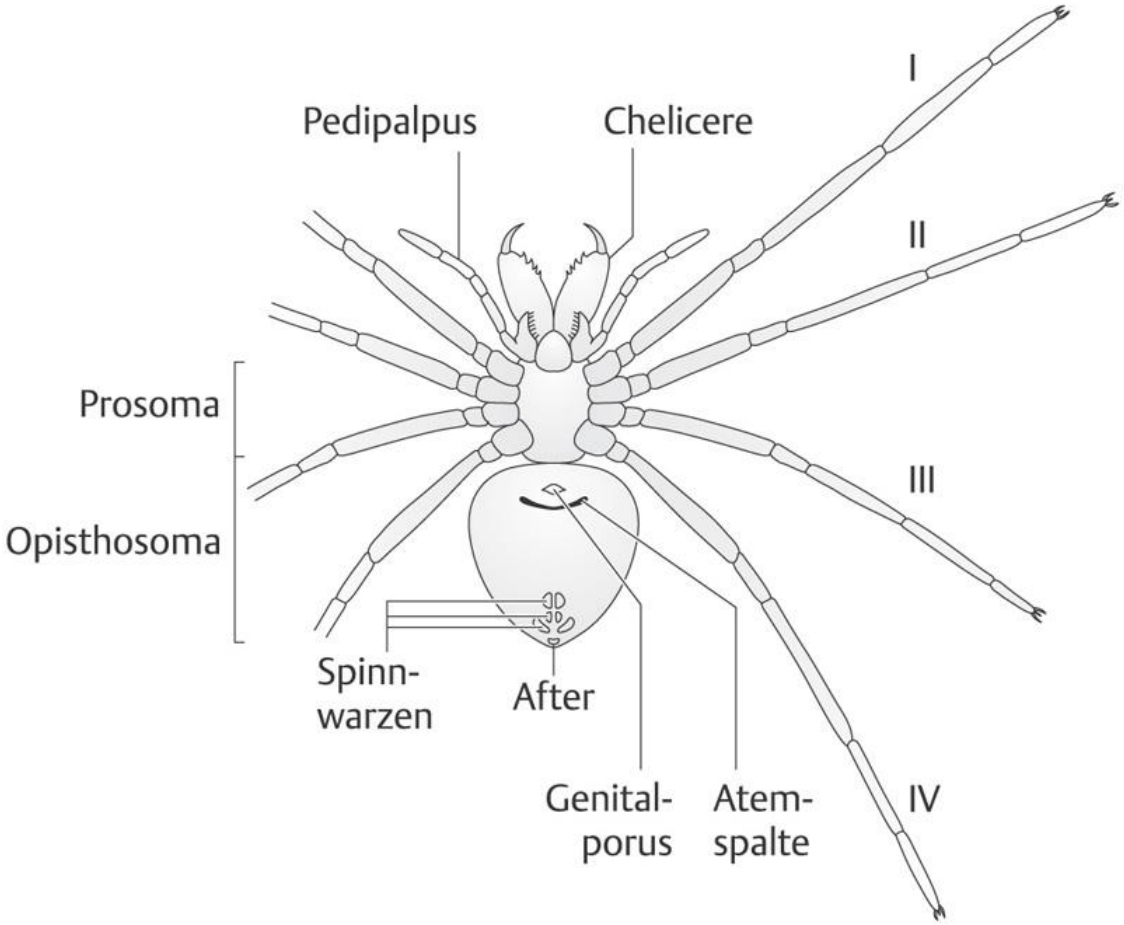
COPYRIGHT @ 2004-2005 BORIS KRYLOV, WWW.MACRO-PHOTO.ORG

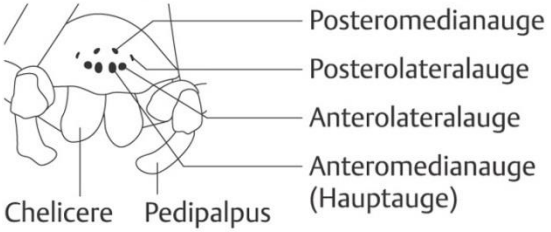
Araneae – Webspinnen

- **Körpergliederung**
  - Prosoma mit einheitlichem Rückenschild (Peltidium)
  - Opisthosoma mit Spinnwarzen
  - Spinndrüsen vielgestaltig und umfangreich
  - Spinnwarzen = umgebildete Extremitäten des 4. und 5. Hinterleibssegmentes
  - Sekret dient zur Bildung von Eikokons, zum Wohnröhrenbau, zum Ausschießen von Flug- und Fangfäden + zum Netzbau
  - Fangfäden mit Klebsekret (**ecribellate Spinnen**) oder Doppelfäden mit dünner Fangwolle (**cribellate Spinnen**)

Araneae – Webspinnen

- **Körpergliederung**





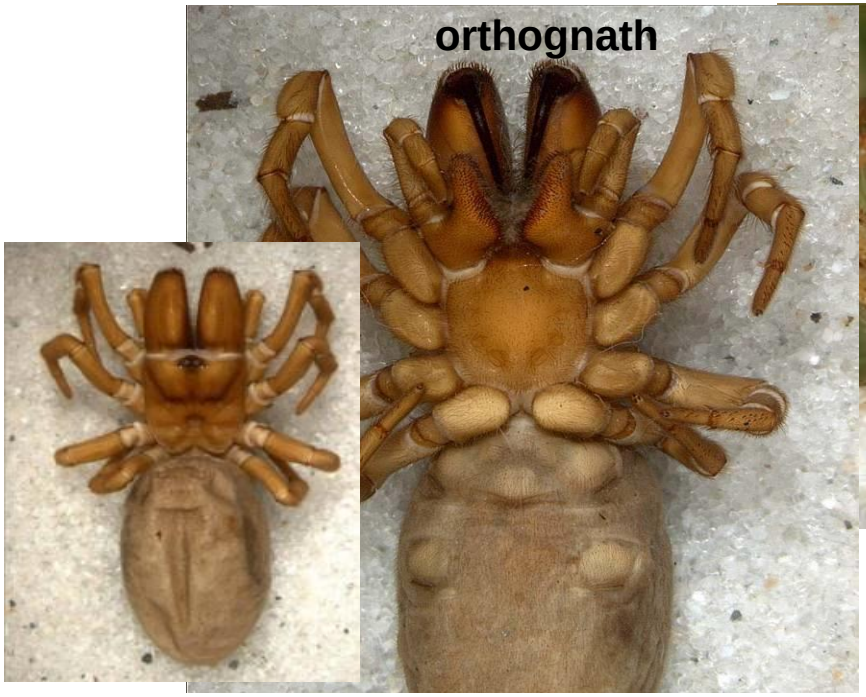
Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Araneae – Webspinnen

- **Autapomorphie: Cheliceren mit Giftdrüse** an der Spitze

Cheliceren können zwei unterschiedliche Stellungen haben:



- **Extraintestinale Verdauung**

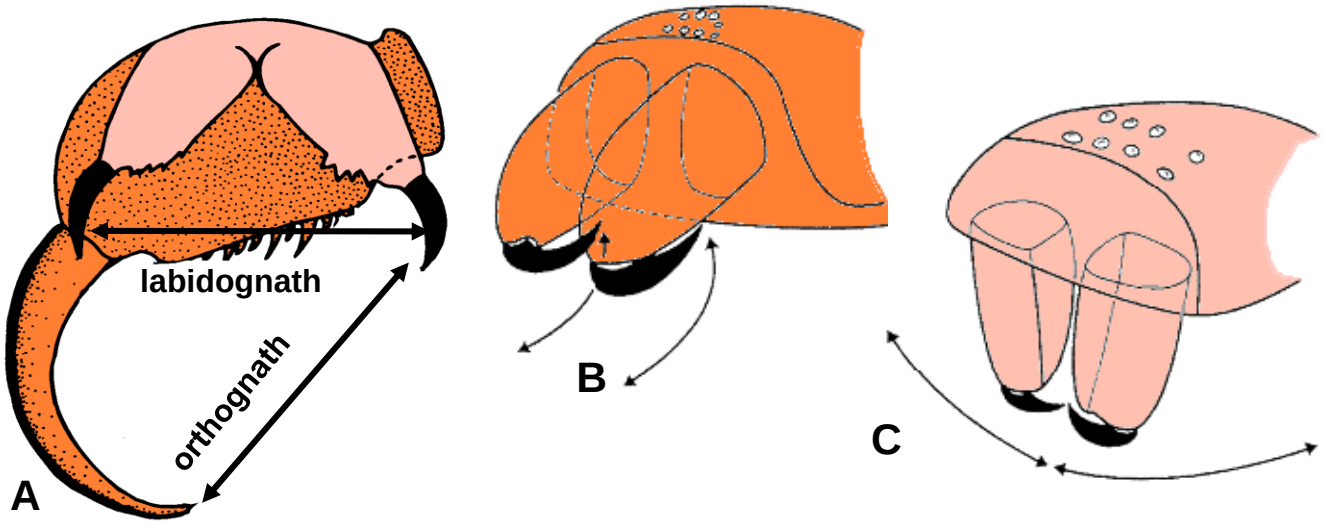
Webspinnen haben eine enge Mundöffnung, durch die sie verflüssigte Nahrung einsaugen können. Deshalb muss die Nahrung vor der Aufnahme verflüssigt werden.

Dazu wird aus den Cheliceren neben dem Gift ein Enzymcocktail in die Beute gespritzt.

Araneae – Webspinnen

- **Stellung der Cheliceren**

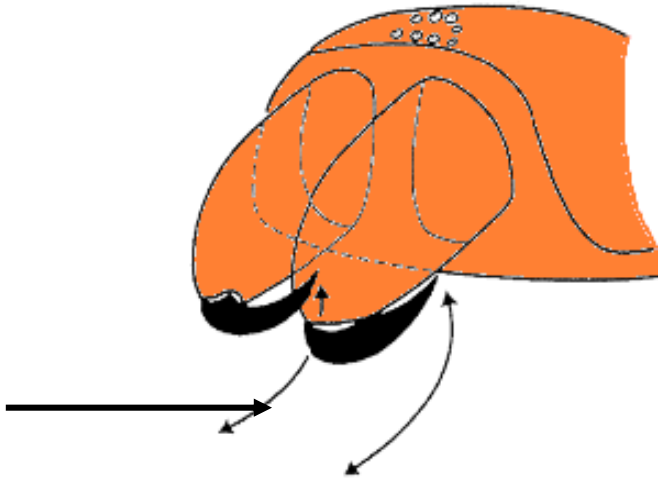
orthognath vs. labidognath



A Vergleich der Spannweite der Cheliceren einer orthognathen und einer labidognathen Spinne
B orthognathe Chelicerenanordnung
C labidognathe Chelicerenanordnung

Araneae – Webspinnen

- **Mesothelae – Gliederspinnen (87 Arten)**
  - Opisthosoma deutlich segmentiert
  - je 2 Spinnwarzen auf dem 4. und 5. Opisthosomalsegment (also in der Mitte des Hinterkörpers)
  - 2 Paar Fächerlungen
  - Cheliceren orthognath
  - z. B. *Liphistius*

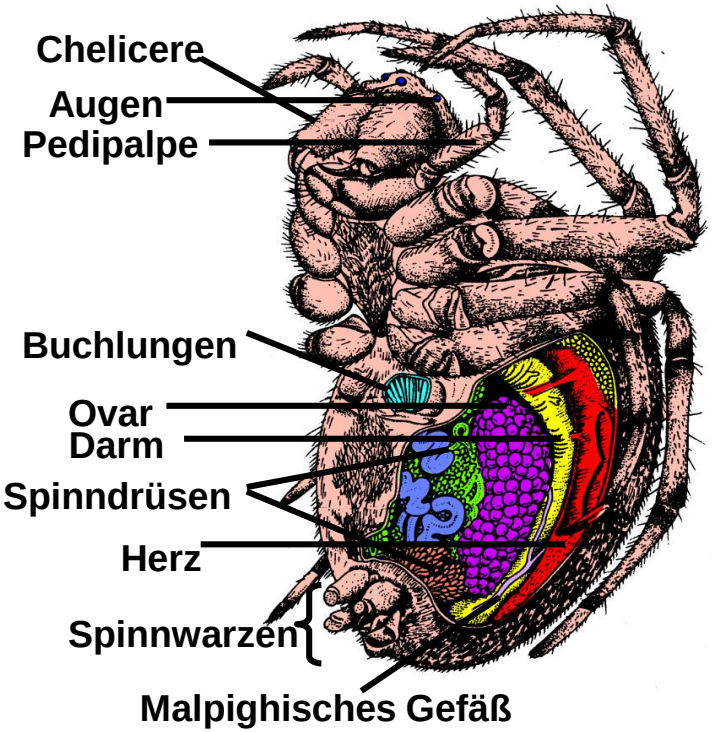


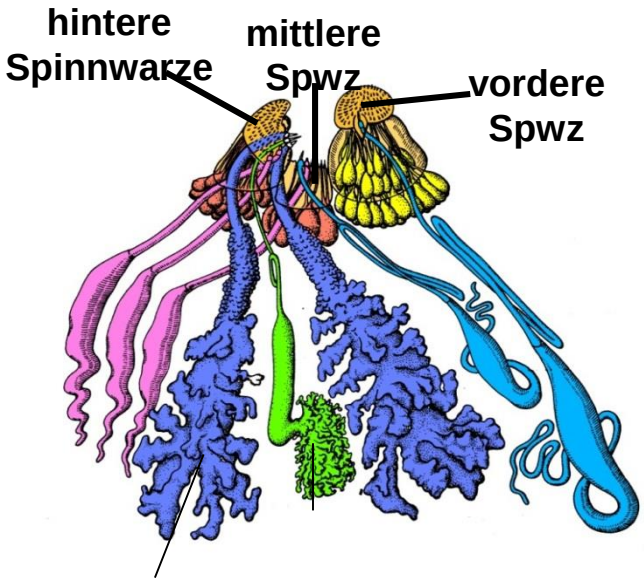
Araneae – Webspinnen

- **Autapomorphie: Spinnapparat am Opisthosoma**

  Am 4. und 5. Opisthosoma-Segment befinden sich als Extremitäten-Derivate Spinnwarzen
  (da sich die Anlagen teilen, sind insgesamt maximal 8 Spinnwarzen vorhanden)

  Auf den Spinnwarzen stehen Spinnspulen, durch die Sekret aus Spinndrüsen abgegeben wird.
  Vogelspinnen haben nur einen Typ Spinndrüsen, Radnetzspinnen bis zu 8 Typen.





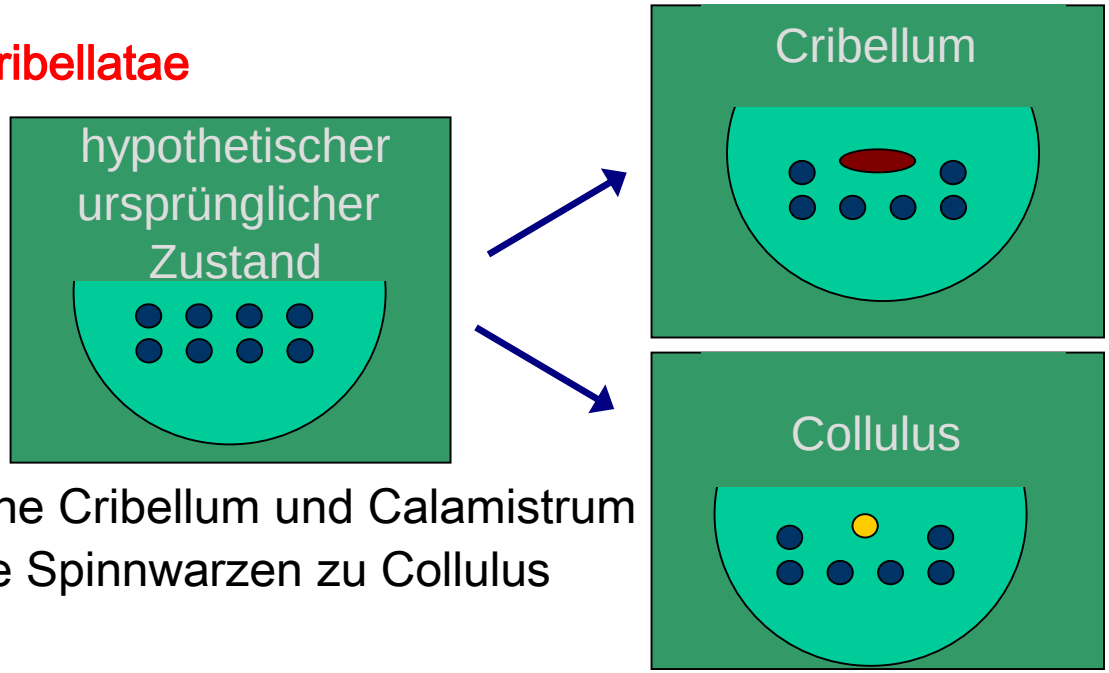
Araneae – Webspinnen

- **Opisthothelae**
  - Opisthosoma unsegmentiert, sackförmig
  - Spinnwarzen am Opisthosomaende, die beiden vorderen und mittleren zu einem einheitlichen Organ verschmolzen

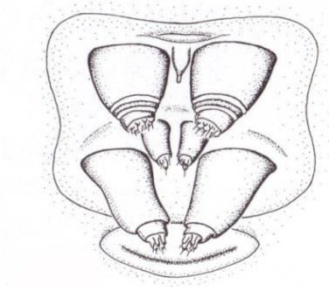
a) **Cribellatae**

- die vorderen und mittleren Spinnwarzen sind zu einem **Cribellum** = einer Platte mit sehr vielen, außerordentlich feinen Spinnspulen geworden
- Metatasus des 4. Laufbeinpaares mit Kräuselkamm (**Calamistrum**)

b) **Ecribellatae**

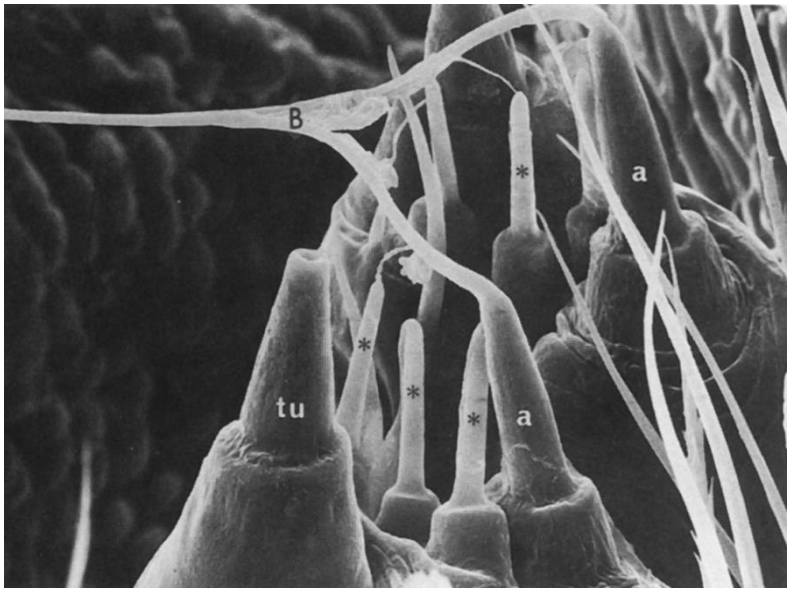


- ohne Cribellum und Calamistrum
- alle Spinnwarzen zu Collulus

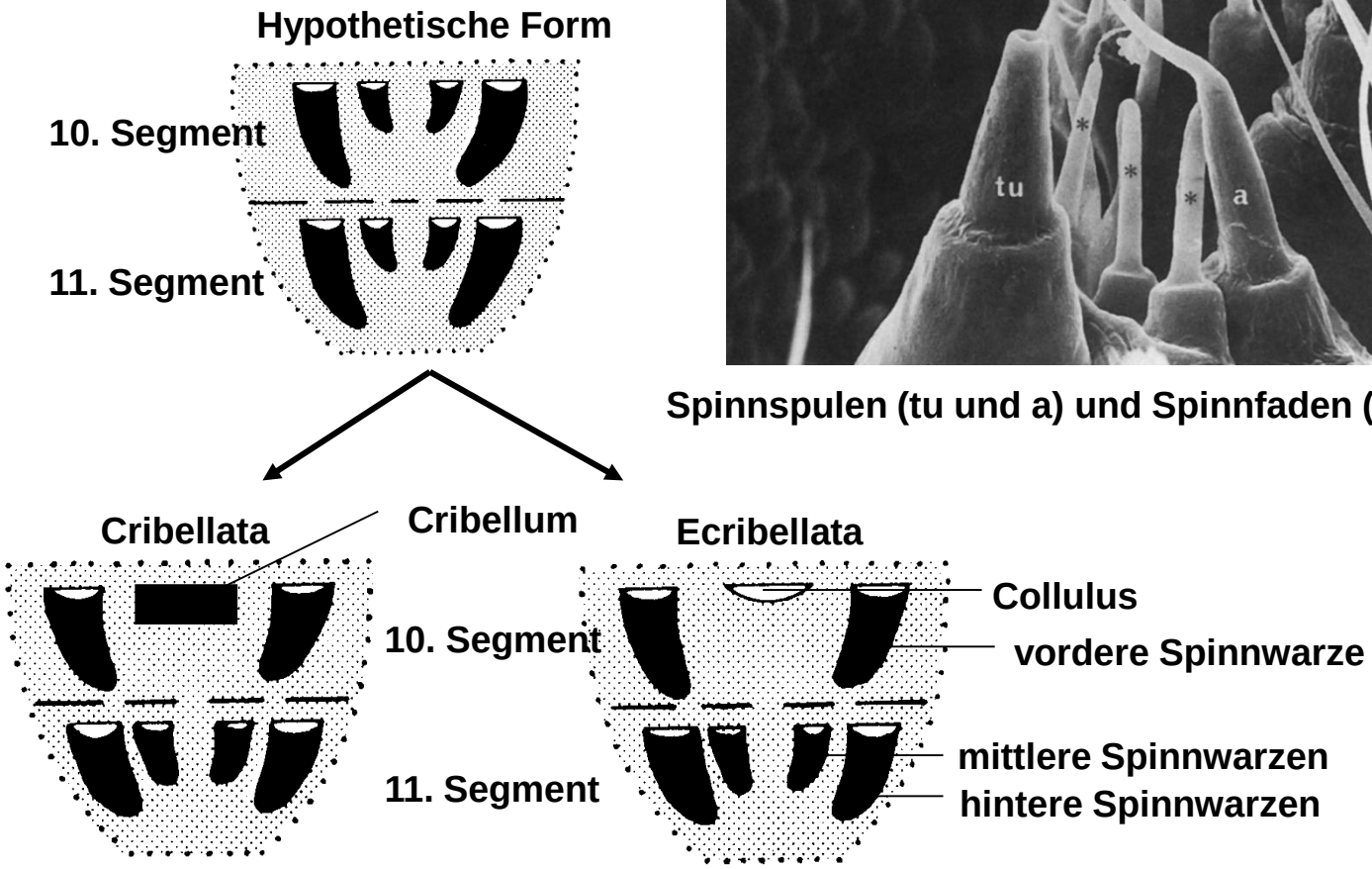


Araneae – Webspinnen

- **Spinnwarzen netzbauender Spinnen**



Spinnspulen (tu und a) und Spinnfaden (b) einer Spinnwarze

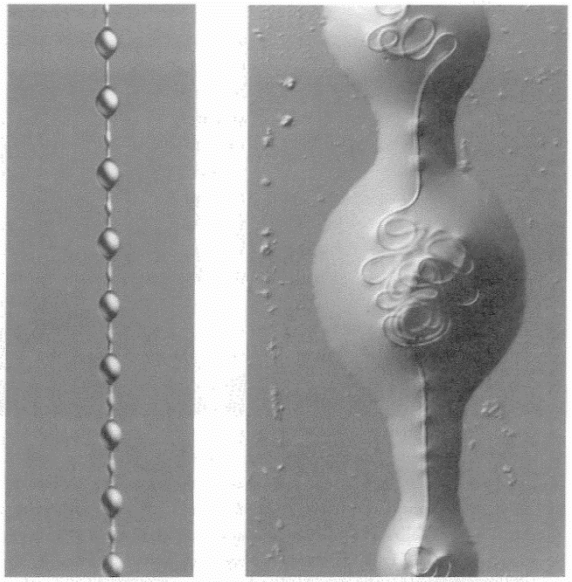


Araneae – Webspinnen

- **Strategien netzbauender Spinnen**

  Cribellate Spinnen erzeugen mit dem **Cribellum** (eine verschmolzene Platte aus den vorderen mittleren Spinnwarzen) eine **feine Wolle**, die sie auf einen Leitfaden auftragen und in dem sich Beute verfängt.

Ecribellate Spinnen geben ein Klebsekret auf den Spinnfaden, an dem die Beute kleben bleibt.



ecribellat

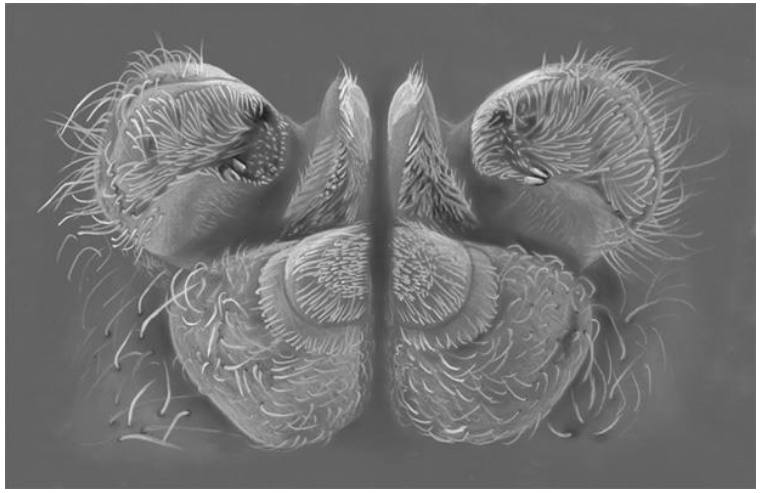
cribellat

Araneae – Webspinnen

- **Am seidenen Faden – auch ohne Fangnetz**

  Alle Webspinnen können einen Seidenfaden erzeugen,
  aber nicht alle bauen damit Fangnetze!

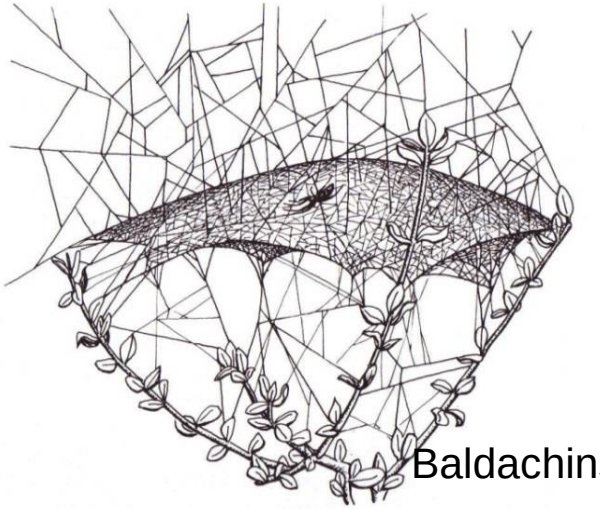
  Seide wird auch gebraucht, um den Kokon zu umspinnen oder Beute einzuwickeln.



Araneae – Webspinnen

- **Fangnetze**

Trichterspinnen



Baldachinspinnen

Radnetzspinnen

Araneae – Webspinnen

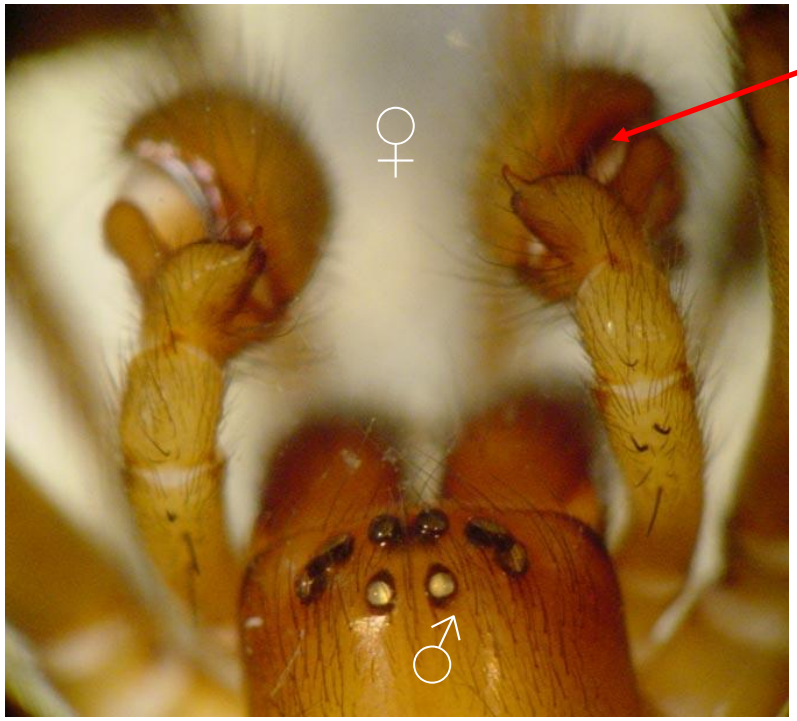
- **Geschlechtsdimorphismus**

Bei einigen Spinnen, vor allem bei den Radnetzspinnen, kommt es zu einem extremen Geschlechtsdimorphismus in Bezug auf die Größe.

Araneae – Webspinnen

- **Pedipalpus zur Spermaübertragung**

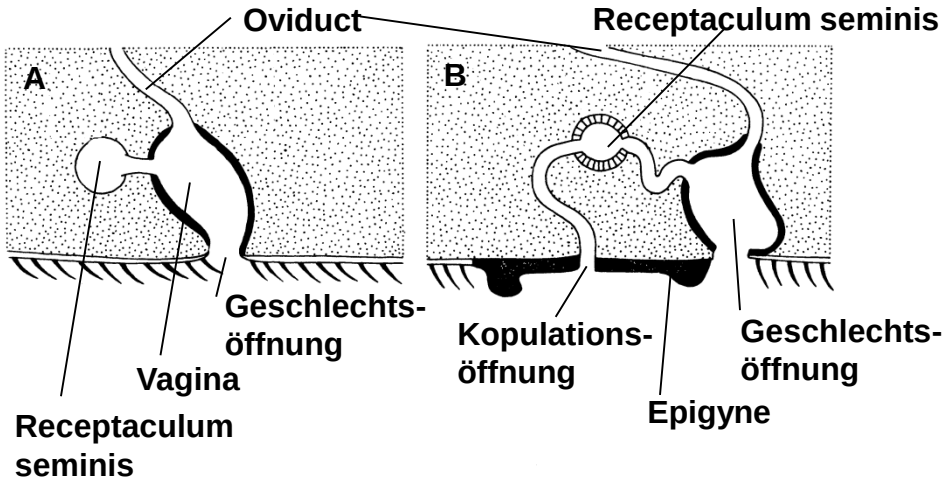
Männchen können mit dem Endglied des Pedipalpus Sperma einsaugen, die Pedipalpen-Spitze wird bei der Kopulation in die weibliche Geschlechtsöffnung (Epigyne) eingeführt.



Epigyne

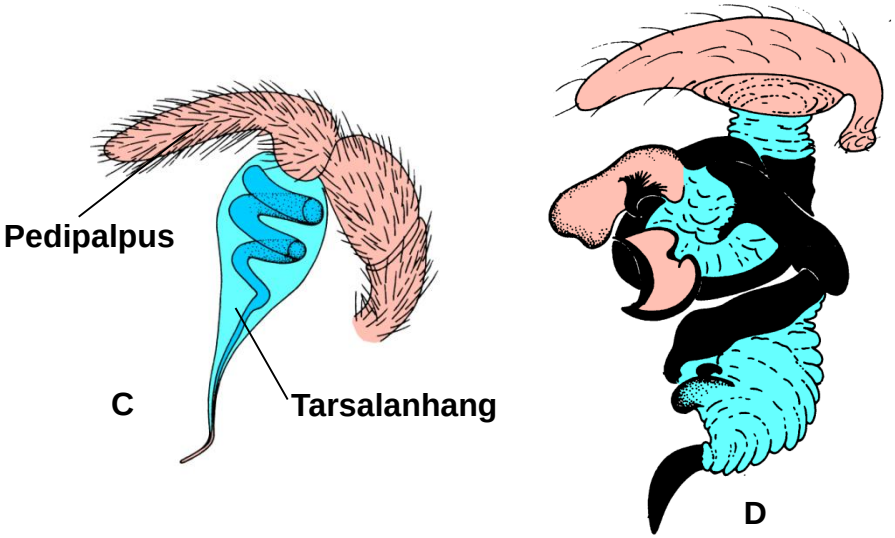
Araneae – Webspinnen

- **Geschlechtsorgane der Spinne**



A Schema der Geschlechtsorgane einer Epigynen-losen,

B einer Epigyne-besitzenden Spinne

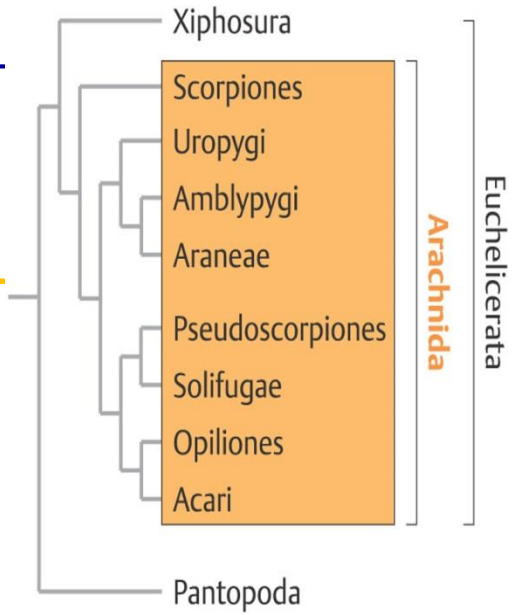


C Pedipalpus mit einfach gebautem Tarsalanhang zur Spermaübertragung

D ausgestülpter Tarsalanhang der Kreuzspinne

Chelicerata

- **Spinnentiere, 60.000 rezente Arten**



Arachnida (Spinnentiere i.e.S) ~ 60.000 Arten

Scorpiones (Skorpione) ca. 1.400 Arten
Uropygi (Geisselskorpione) ca. 180 Arten
Amblypygi (Geisselspinnen) ca. 100 Arten

Araneae (Webspinnen) ~ 34.000 Arten

Palpigradi (Palpenläufer) ca. 60 Arten
Pseudoscorpiones (Pseudo-, Bücher-, oder Afterskorp.) 3.000 Arten
Solifugae (Walzenspinnen) über 900 Arten

Opiliones (Weberknechte) - 6.400 Arten
Ricinulei (Kapuzenspinnen) 40 Arten

Acari (Milben) >35.000 Arten (vermutl. mehr als 100.000 spp.)

Acari – Milben

- **Artenreichtum & ökologische Anpassungen**

Mit ca. 35.000 bekannten und viel mehr unbekannten Arten sind Milben die artenreichste Gruppe der Chelicerata.

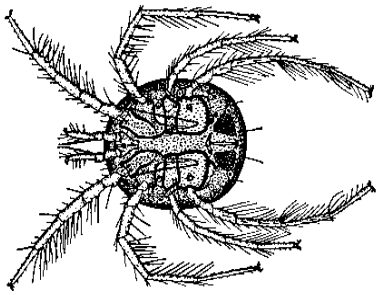
Milben leben in vielen verschiedenen Lebensräumen, auch im Süßwasser und im Meer. Einige sind Parasiten, wie z.B. die Zecken.

Auch bei Milben sind Pro- und Opisthosoma verschmolzen, am Vorderkörper setzt sich aber der Abschnitt mit Cheliceren und Pedipalpen als **Gnathosoma** ab.

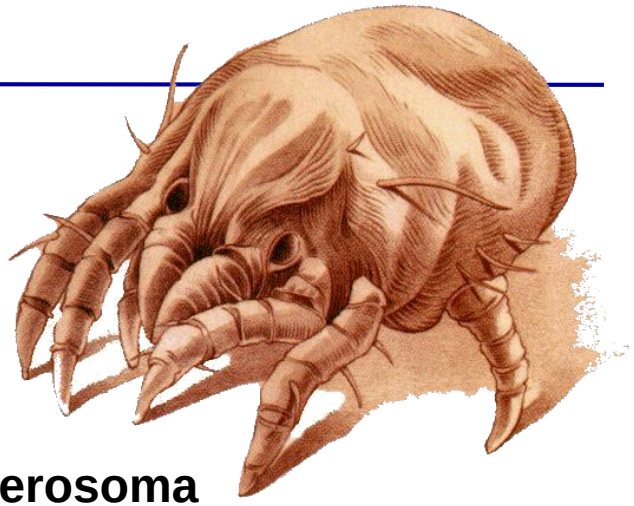
Rote Samtmilbe

Krätzmilbe

Hausstaubmilbe


Süßwassermilbe

Acari – Milben



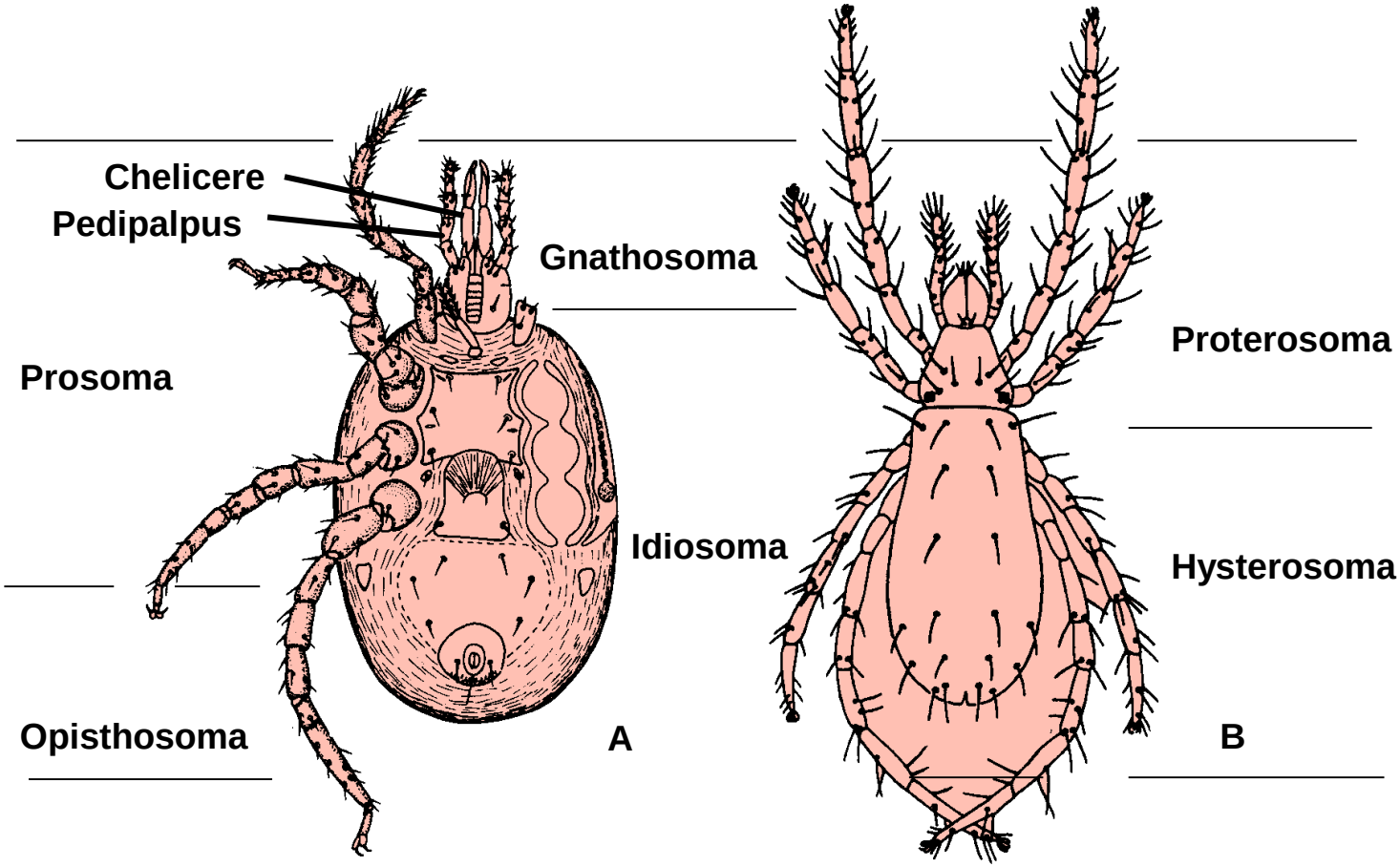
- **mind. 35.000 Arten**

  - **Zwergformen**, äußerst vielgestaltig (1-2 mm)
  - Körper meist 2-geteilt in **Proterosoma** und **Hysterosoma**
  - Hinterkörper mit Prosoma verschmolzen
  - Mundregion durch Furche gegen Rumpf abgegrenzt
    = **Gnathosoma**
    übriger Körper = **Idiosoma**
  - Larve mit nur 3 Beinpaaren, darauf folgen 3 Nymphenstadien mit voller Beinzahl (**Proto-, Deuto- und Tritonymphe**)

Acari – Milben

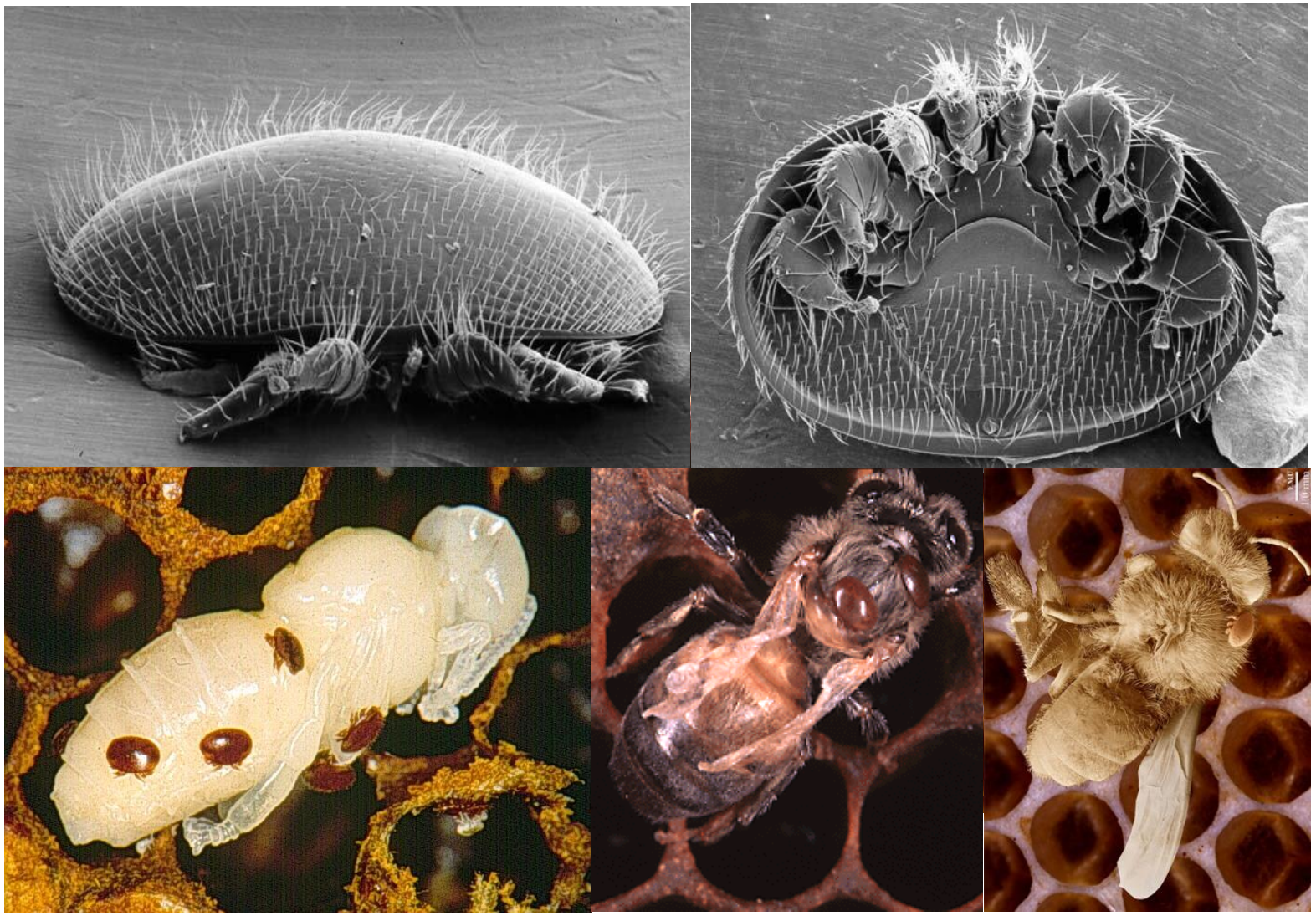
- **Körpergliederung**

A Ventralansicht, B Dorsalansicht, in A auf der linken Seite die Beine entfernt



Acari – Milben

- **Die *Varroa* - Milbe, eine Bienenseuche**



Acari – Milben: Zecken

- **Ektoparasiten**

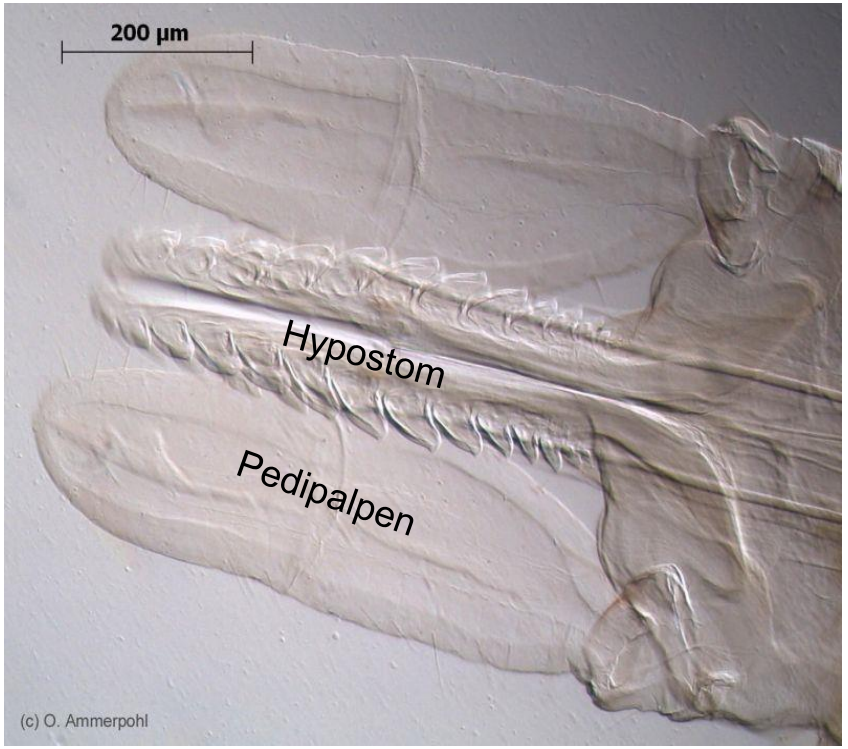
  Zecken, z.B. *Ixodes ricinus*, sind Ektoparasiten, die an Wirbeltieren Blut saugen. Sie benötigen Blut zum Wachstum und zur Reifung der Eier.

Acari – Milben: Zecken

- **Wie Zecken Blut saugen**

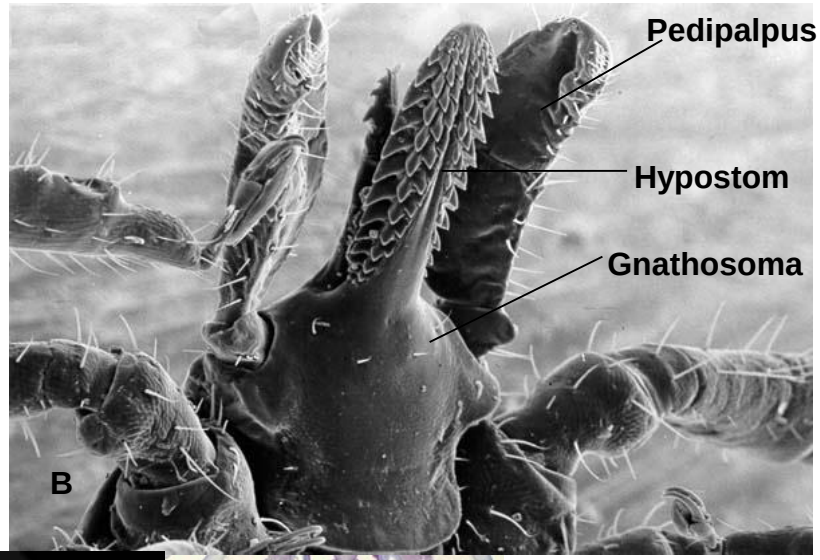
  Zecken verhaken sich mit den kleinen Cheliceren und dem bezahnten Hypostom (ein Auswuchs der Pedipalpen-Coxen).

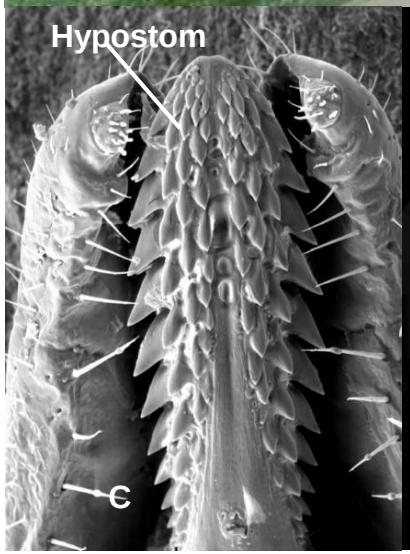
  Sie erzeugen eine Wunde, die mit Blut vollläuft, das dann aufgesogen wird.

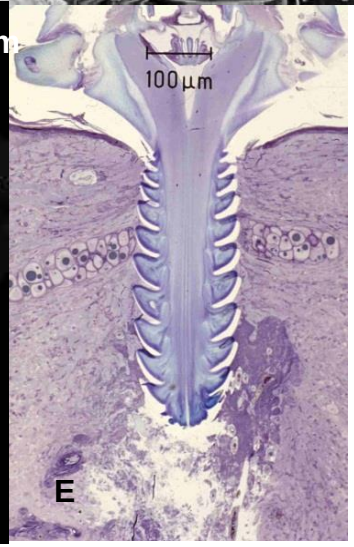


Acari – Milben: Zecken

- **Gemeiner Holzbock *Ixodes ricinus***



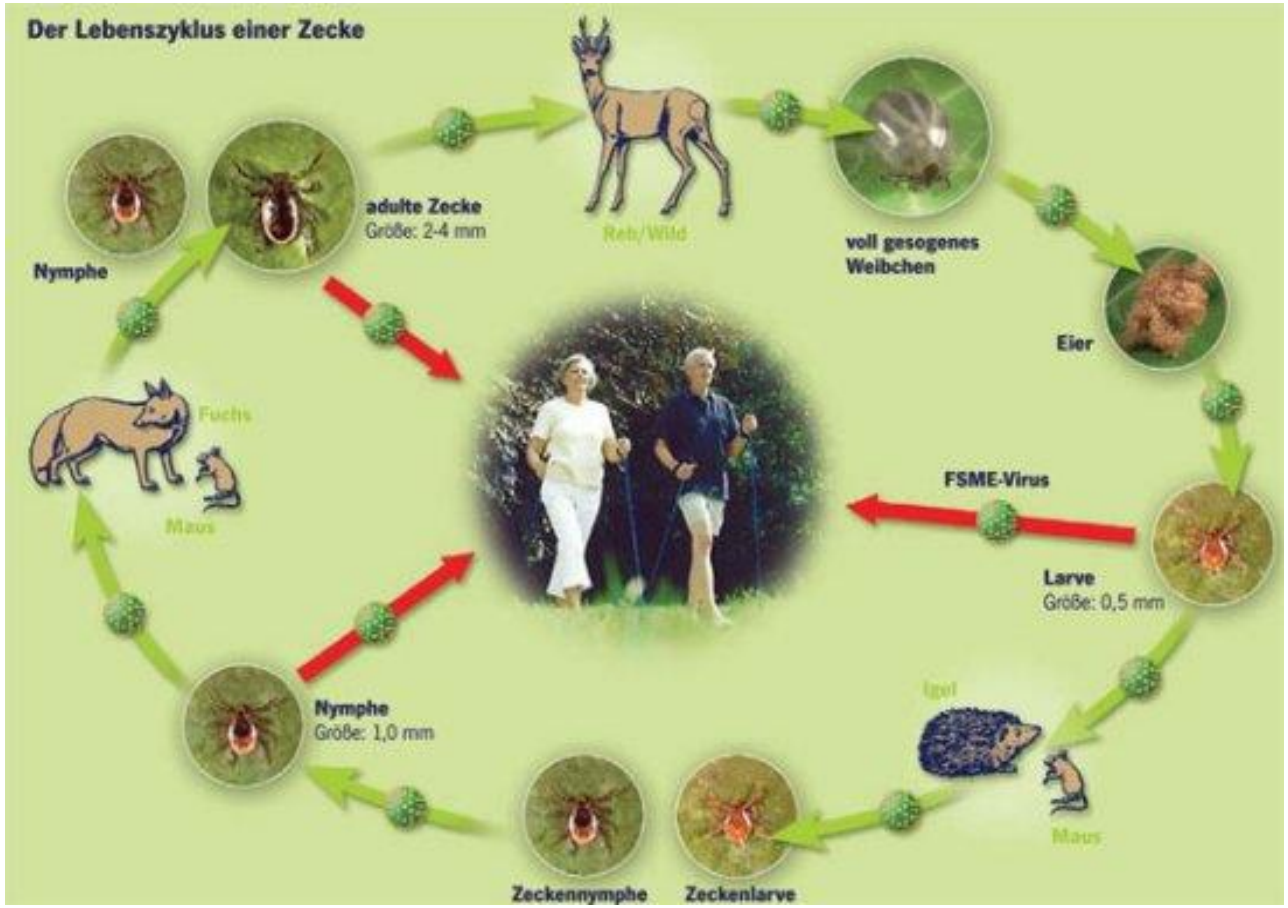




Acari – Milben: Zecken

- **Lebenszyklus der Zecken**

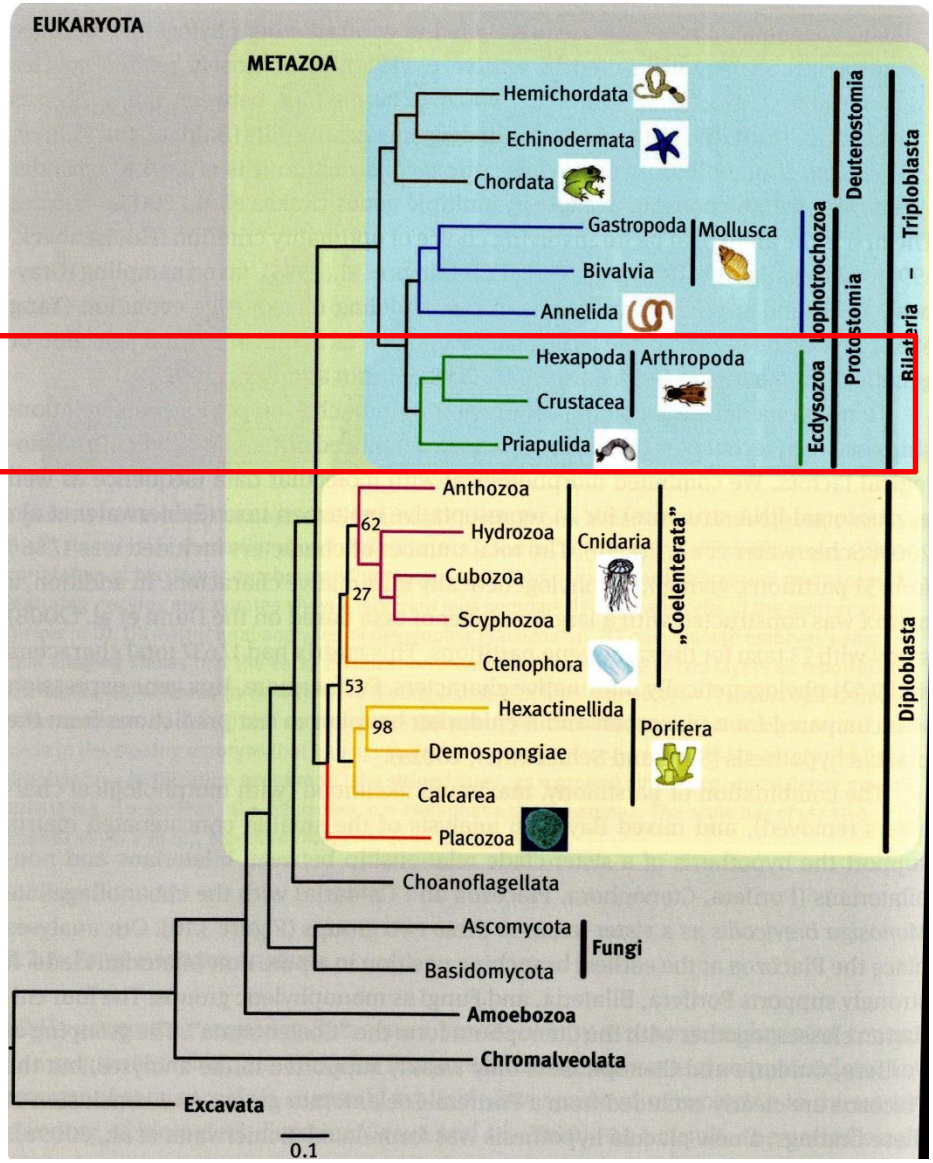
Zecken saugen an unterschiedlichen Wirbeltieren,
sie können Erreger von Krankheiten wie Borreliose und FSME übertragen.



Stammbaum der Metazoa – die „Häutungstiere"

- **Ecdysozoa**

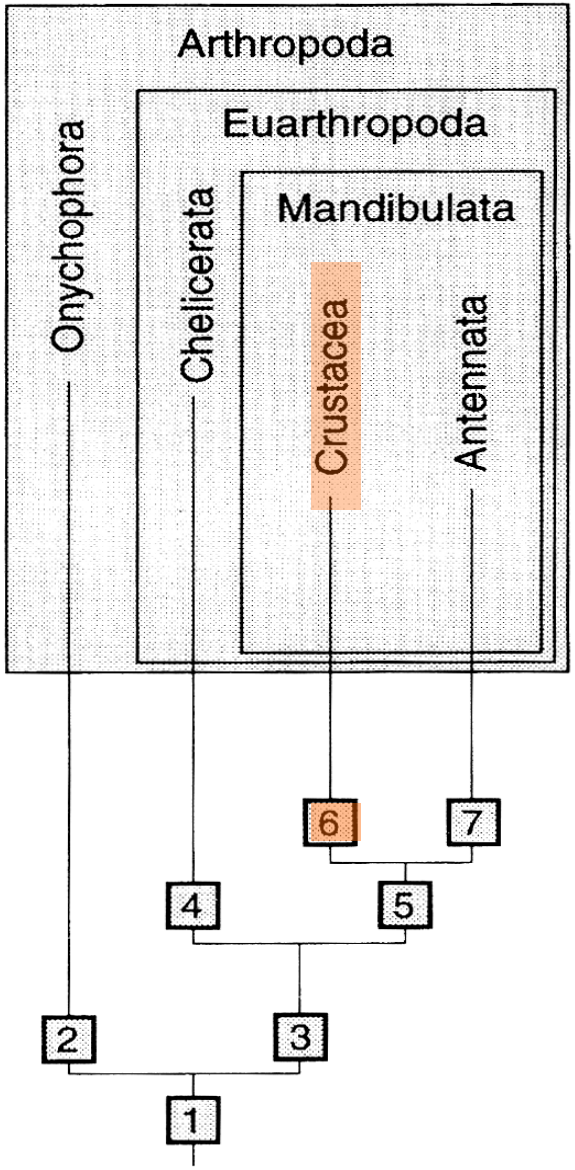
  Crustacea – Hexapoda



Crustacea

Crustacea

- **Thema**



Verwandtschaftsbeziehungen der Arthropoda

[1] Cuticula aus α-Chitin und Proteinen
Mixocoel und offenes Blutgefäßsystem
Nephridium mit Sacculus

[2] Stummelbeine ohne Gelenke

[3] Gliederextremität; Exoskelett aus Platten u. Auflösung des Hautmuskelschlauches in einzelne Muskeln
1 Paar Facetten- und 4 Medianaugen

[4] Gliederung des Körper in Pro (7)- und Opisthosoma (12 Segmente)
Segment der II. Antennen mit Cheliceren als 1. Extremitätenpaar

[5] Kopf aus Acron + 6 Segmente

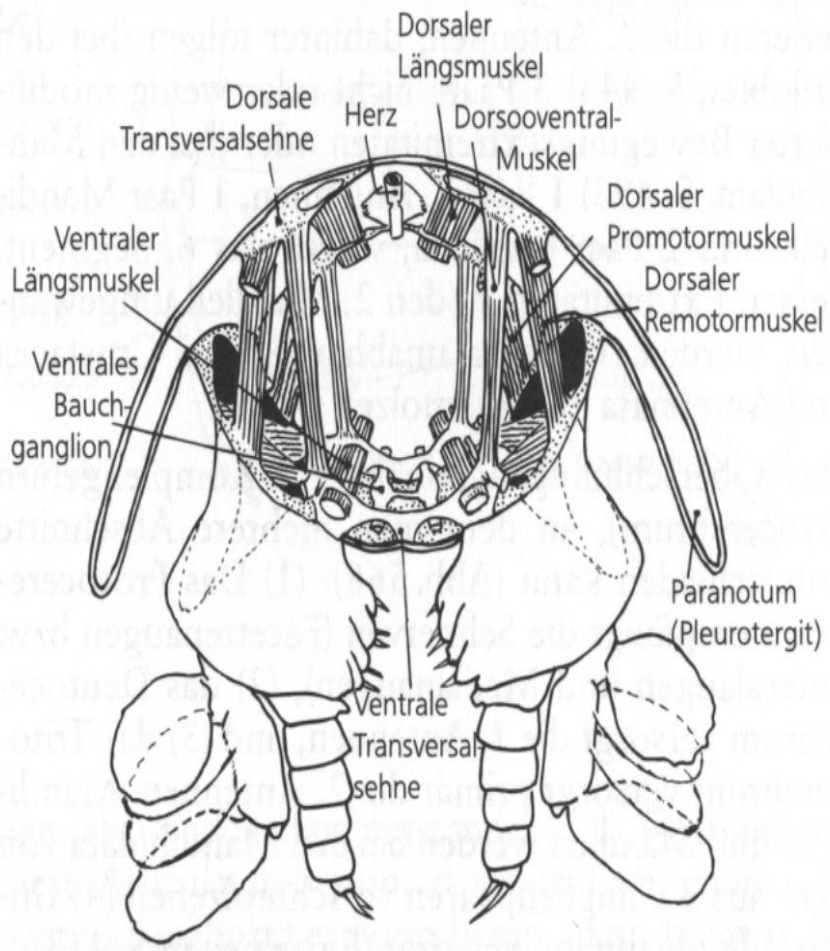
[6] Naupliusauge; 2 Paar Nephridien im Segment Antenne II bzw. der Max. II

[7] Verlust der 2. Antennen, Interkalarsegment ektodermale Malpighische Gefäße

nach Westheide & Rieger

Crustacea

- **Merkmale und ihre phylogenetische Bewertung**



- **Plattenskelett, einzelne Muskelstränge**
- **Gliederextremitäten**
- **Cephalon aus Acron und 5 Segmenten**
- **1 Paar Facettenaugen**
- **Nephridien in Vorderkörper (A2; Mx2)**

Crustacea

- **„*key innovations*“ = autapomorphe Merkmale**

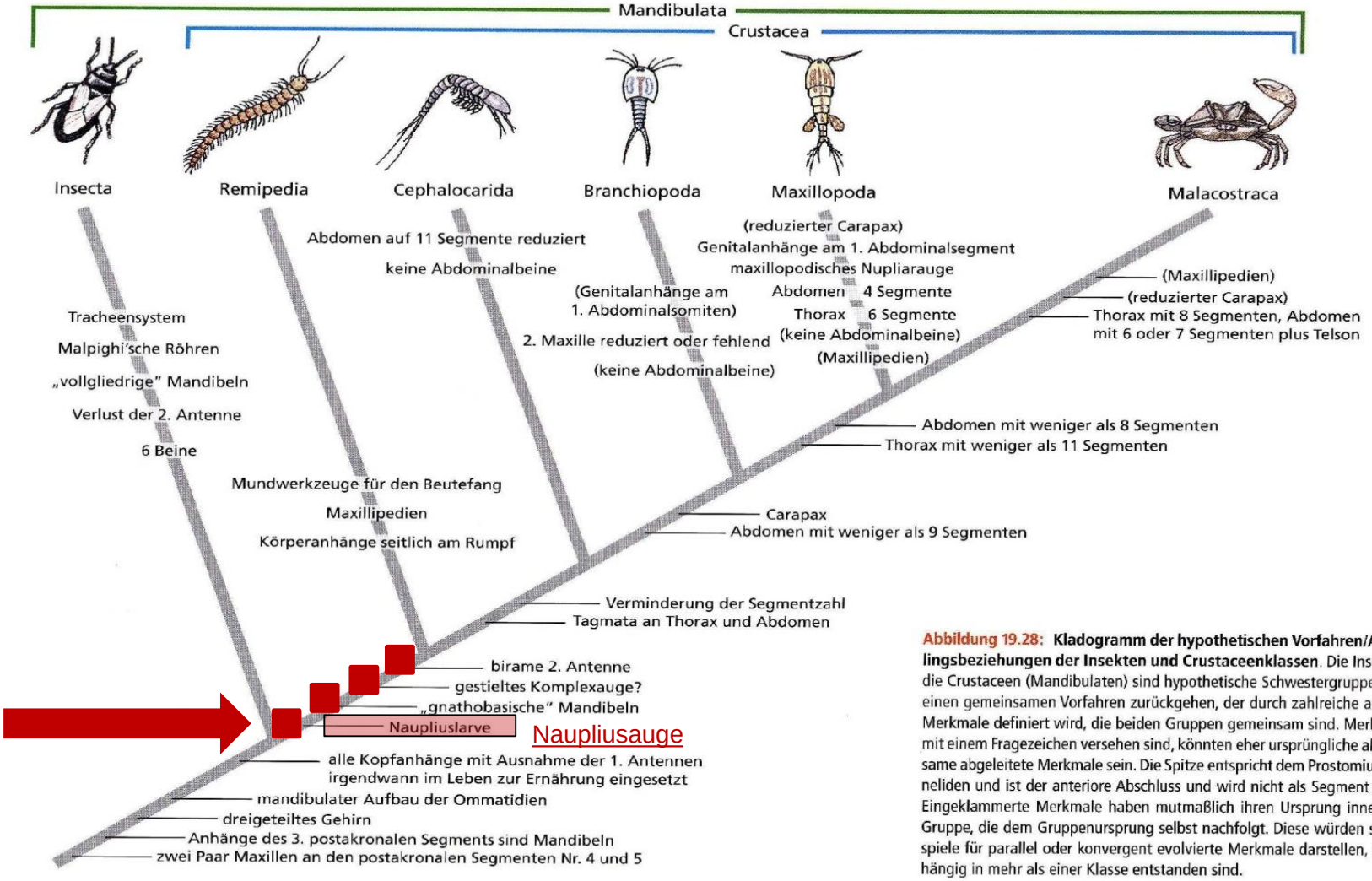
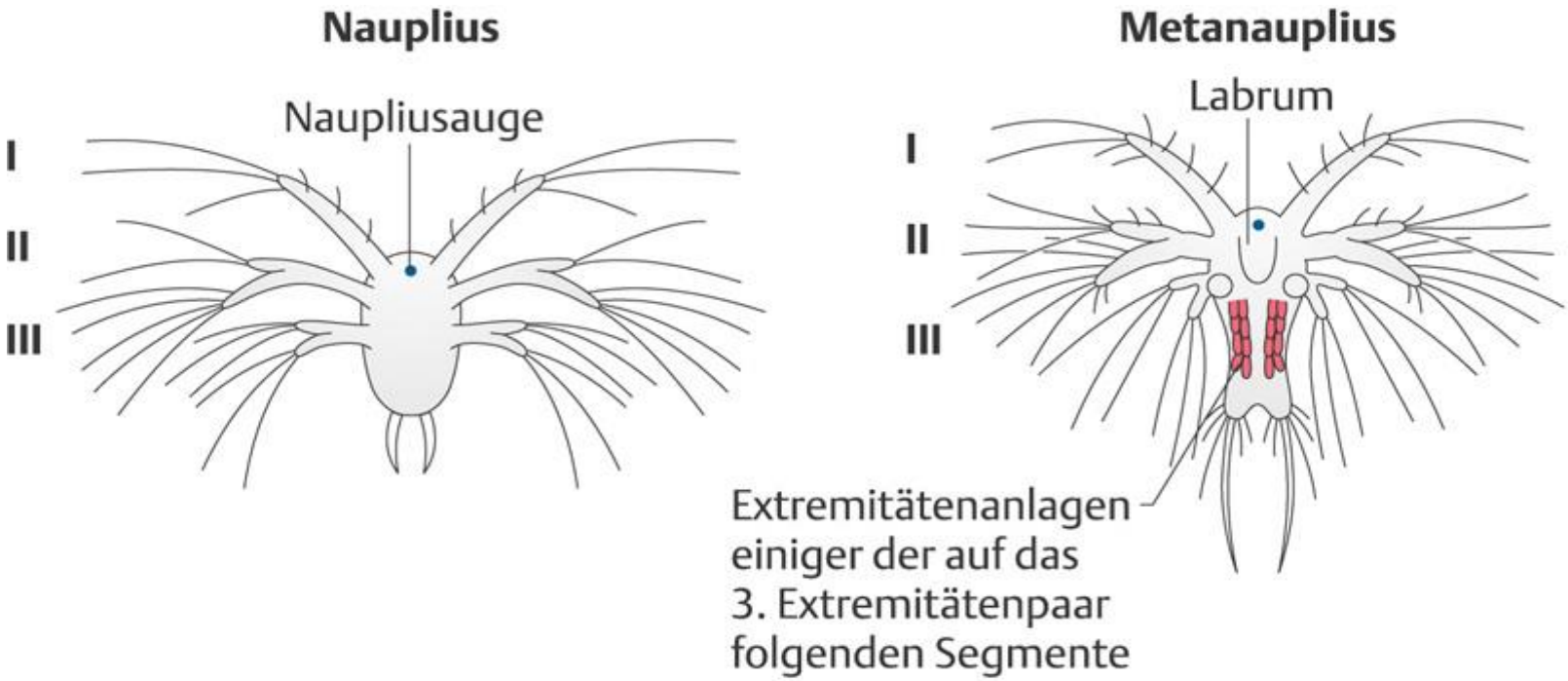


Abbildung 19.28: Kladogramm der hypothetischen Vorfahren/Abkömmlingsbeziehungen der Insekten und Crustaceenklassen. Die Insekten und die Crustaceen (Mandibulaten) sind hypothetische Schwestergruppen, die auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückgehen, der durch zahlreiche abgeleitete Merkmale definiert wird, die beiden Gruppen gemeinsam sind. Merkmale, die mit einem Fragezeichen versehen sind, könnten eher ursprüngliche als gemeinsame abgeleitete Merkmale sein. Die Spitze entspricht dem Prostomium der Anneliden und ist der anteriore Abschluss und wird nicht als Segment gewertet. Eingeklammerte Merkmale haben mutmaßlich ihren Ursprung innerhalb der Gruppe, die dem Gruppenursprung selbst nachfolgt. Diese würden somit Beispiele für parallel oder konvergent evolvierte Merkmale darstellen, die unabhängig in mehr als einer Klasse entstanden sind.

Hickman, 2008

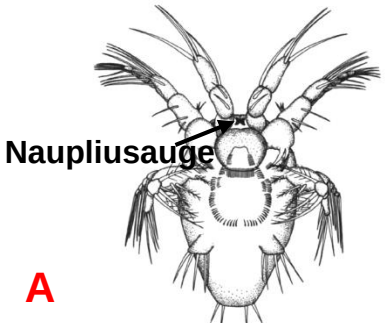
Crustacea

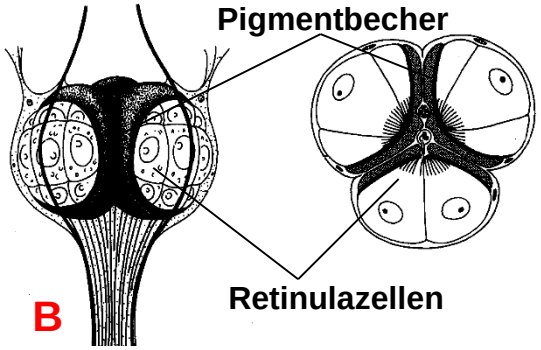
- **Nauplius als Apomorphie = Primärlarve der Crustacea**

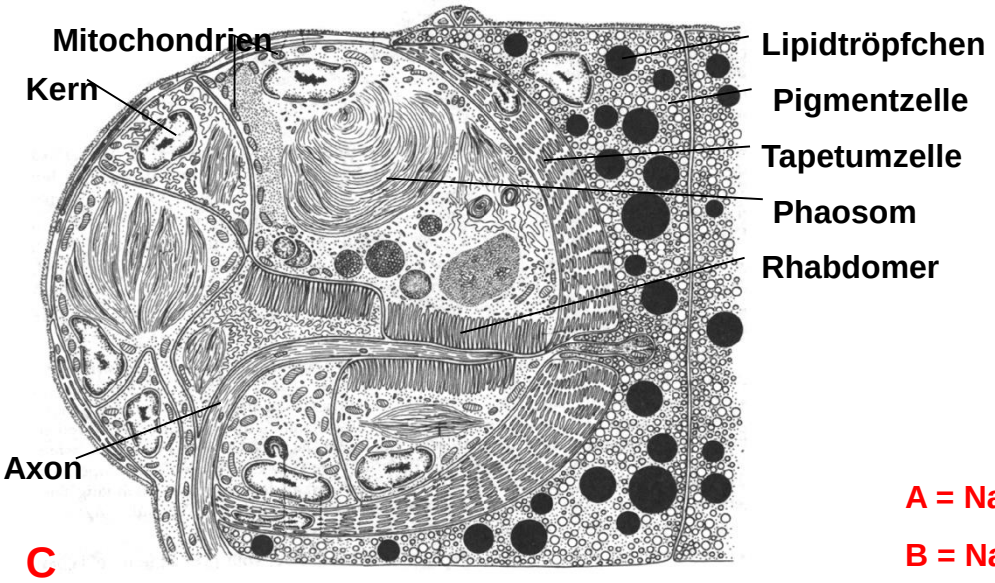


Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

- **Das Naupliusauge der Crustaceen-Larve**





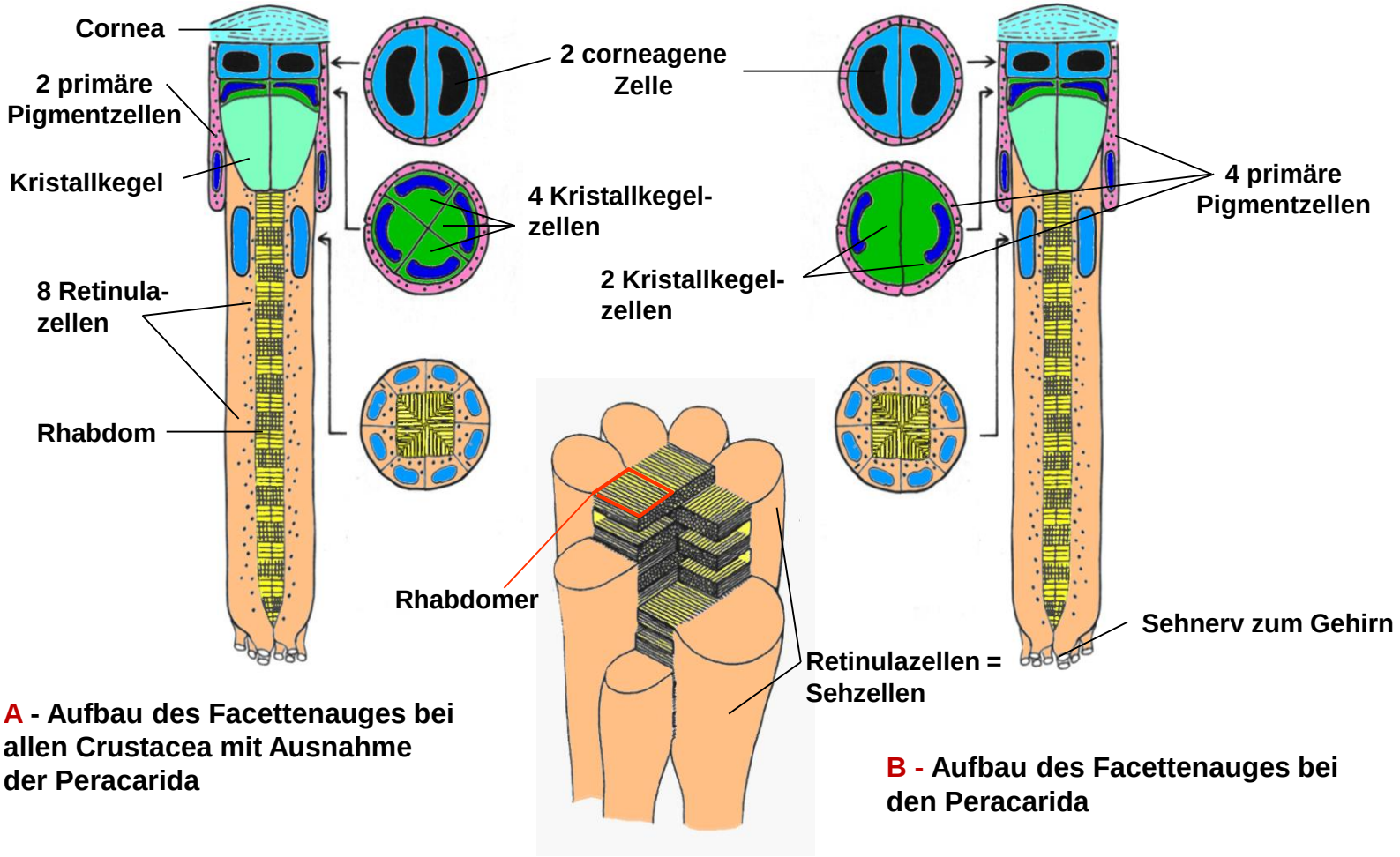


A = Nauplius

B = Naupliusauge aus 3 Pigmentbechern

C = TEM-Schnitt durch ein Naupliusauge

- **Das Facettenauge der Crustacea**



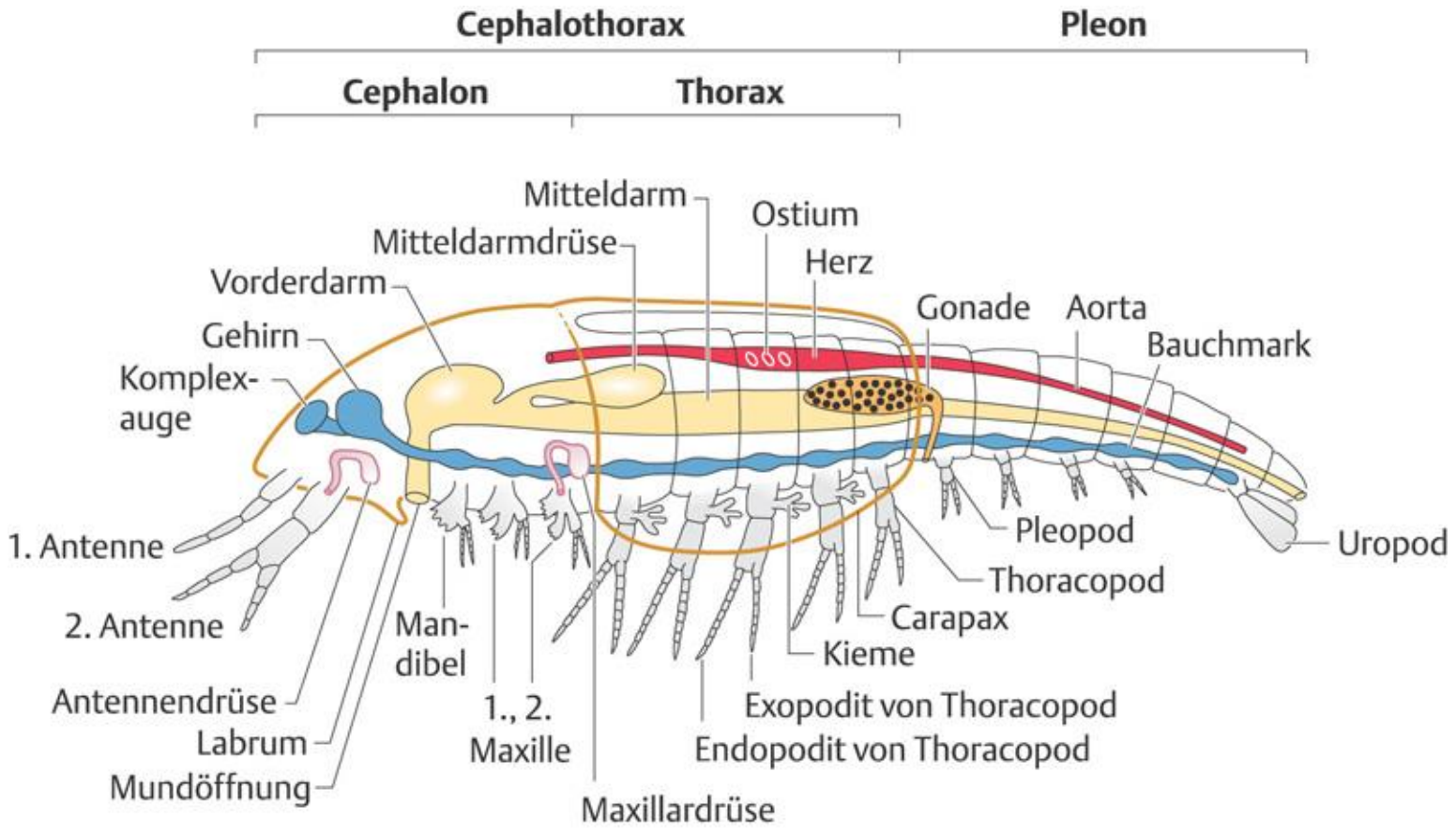
A - Aufbau des Facettenauges bei allen Crustacea mit Ausnahme der Peracarida

B - Aufbau des Facettenauges bei den Peracarida

C - 3-D-Bild der Retinulazellen

Crustacea

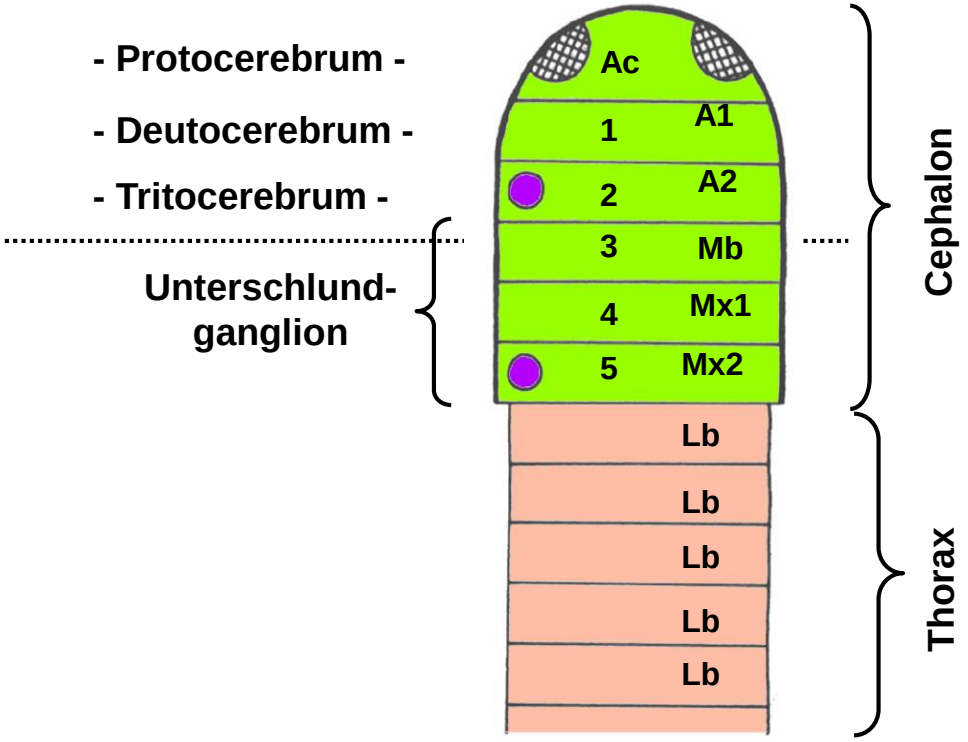
- **Anatomie eines Krebses**



Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Crustacea

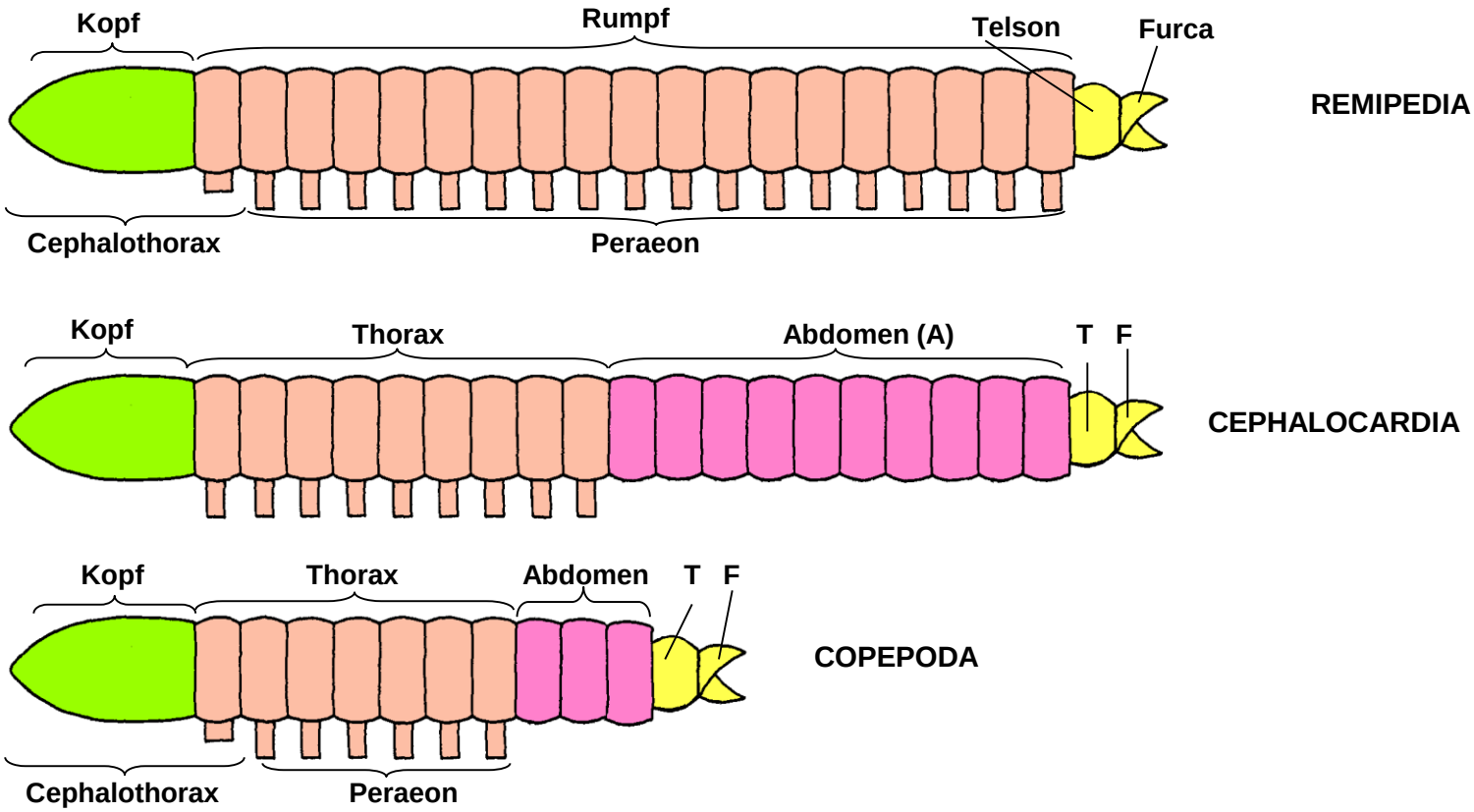
- **Grundmuster der Kopfsegmente bei den Crustacea**



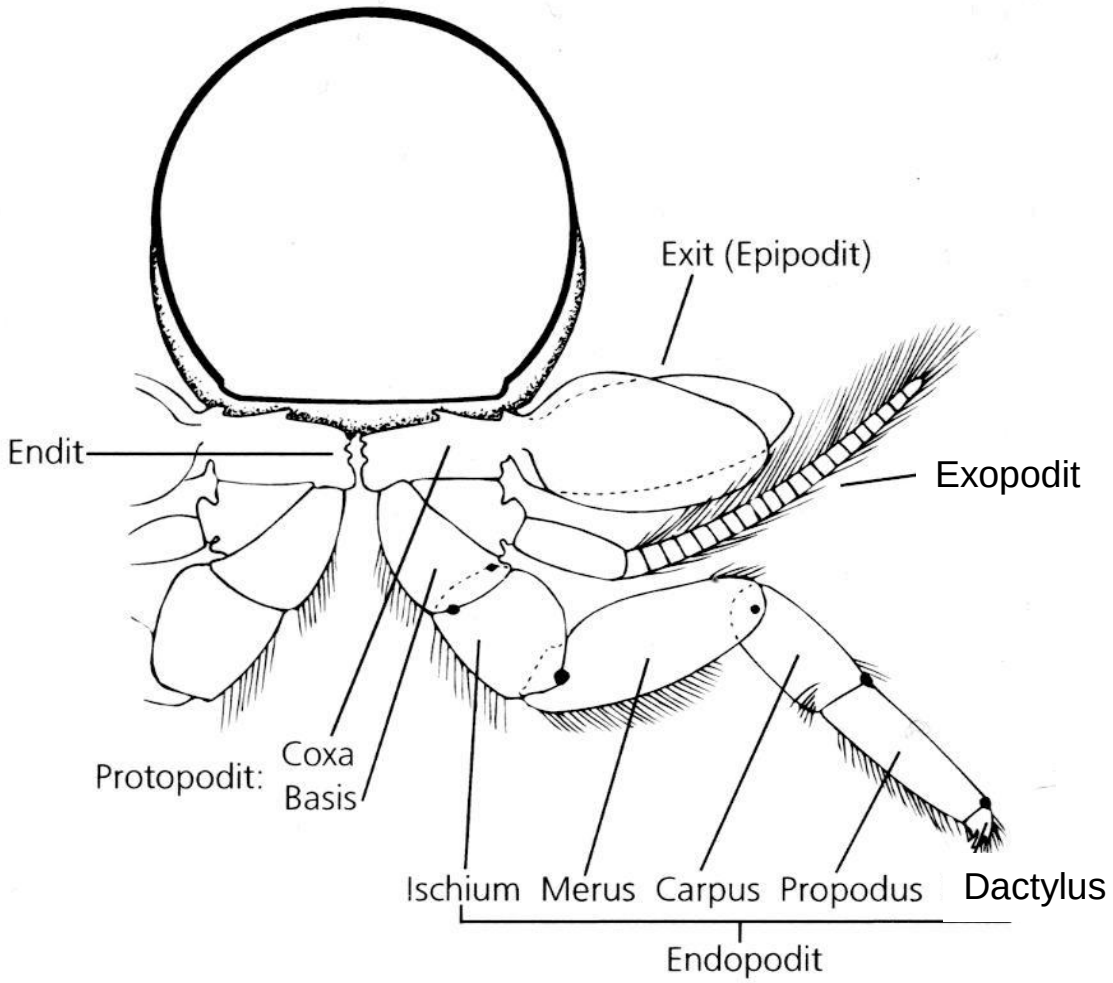
Der Trick mit den Tagmata

- **Tagmatisierung = Bildung von Funktionskomplexen**

Die Körpergliederung der Crustacea



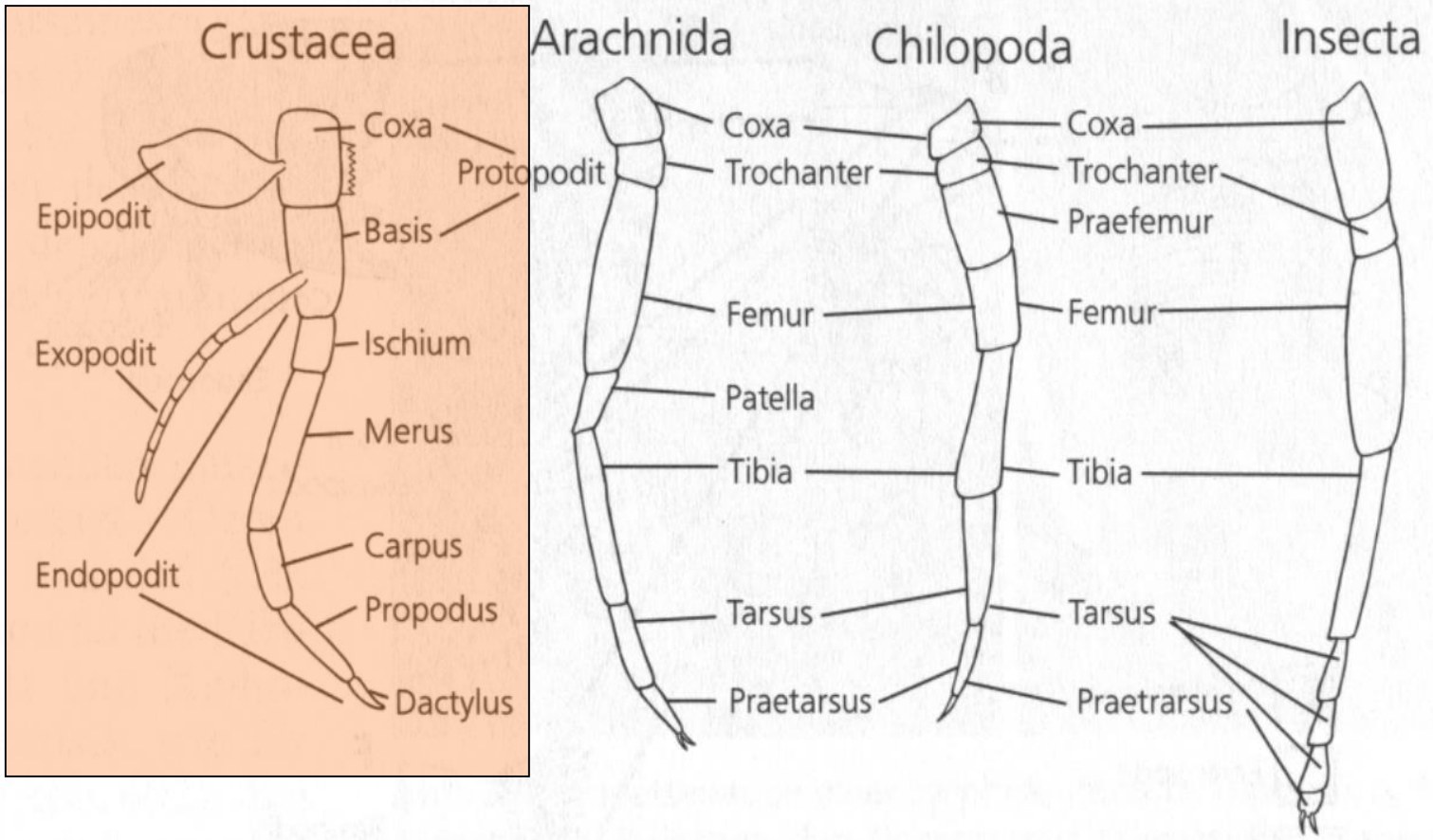
- **Thoracopoden - dient primär der Fortbewegung**



Euarthropoda

- **Gliederextremität (Arthropodium)**

Vergleich des Arthropodiums



Zeigt her Eure Beine …

- **Extremitätenbezeichnungen der Crustacea**

Thoracopoden
Thoraxextremitäten, primär zur Fortbewegung

Maxillipeden
Thoracopoden des Cephalothorax (Verschmelzungsprodukt von Cephalon und Thorax), die der Nahrungsaufnahme dienen und den Mundwerkzeugen ähneln.

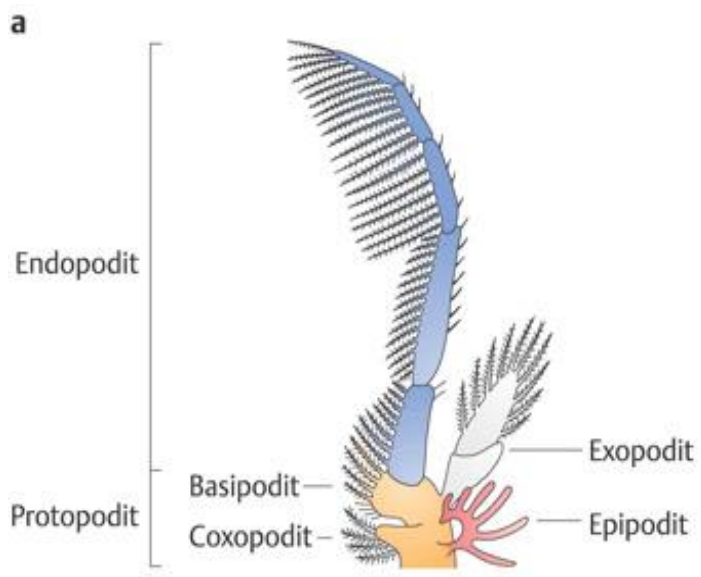
Peraeopoden
freibleibende Thoracopoden des Cephalothorax oder Thorax, die nicht den Mundwerkzeugen ähneln.

Pleopoden
Anhänge am Pleon, dem Abdomen der Malacostraca („höheren Krebse“)

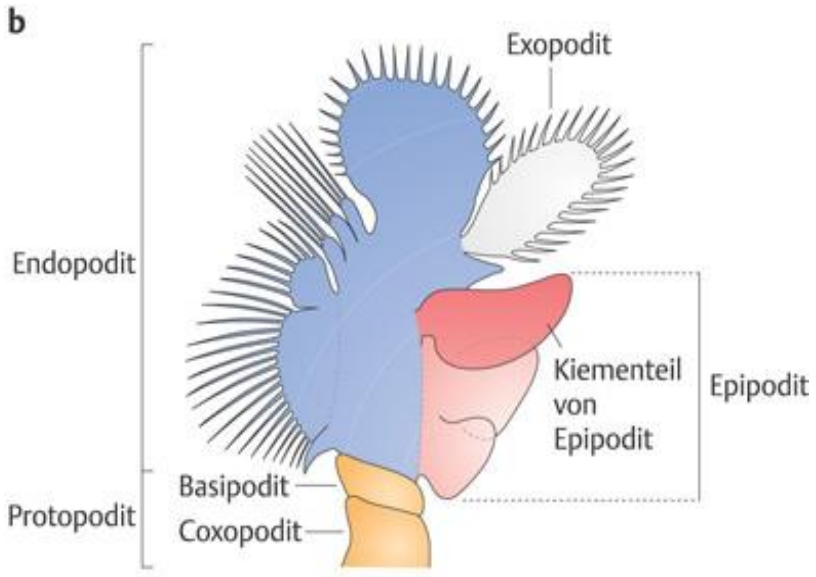
Uropoden
letzte Pleopodenpaar, das fächerförmig verbreitert ist und mit Telson Schwanzfächer bildet

Zeigt her Eure Beine …

- **Gliederextremität entomostracer Krebse**



ursprüngliches Spaltbein

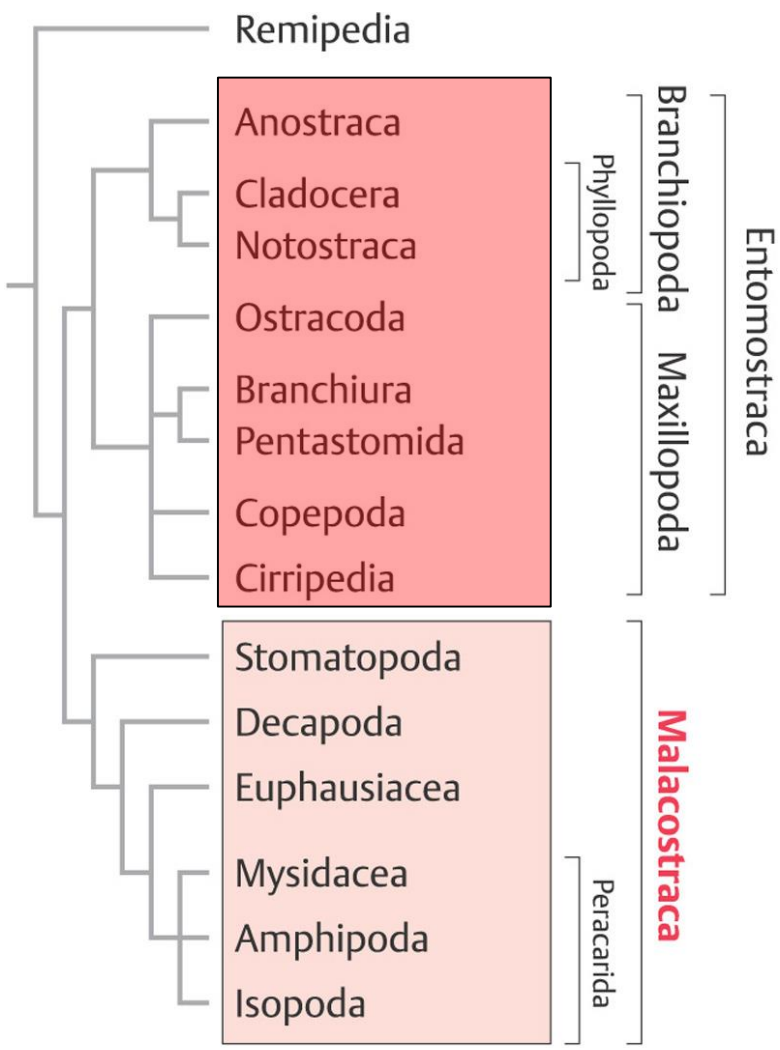


Blattbein - Phyllopoda

Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Phylogenetische Verwandtschaft der Crustacea

- **Entomostraca vs. Malacostraca**



Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

Crustacea – Remipedia

- **„*key innovations*“ = autapomorphe Merkmale**

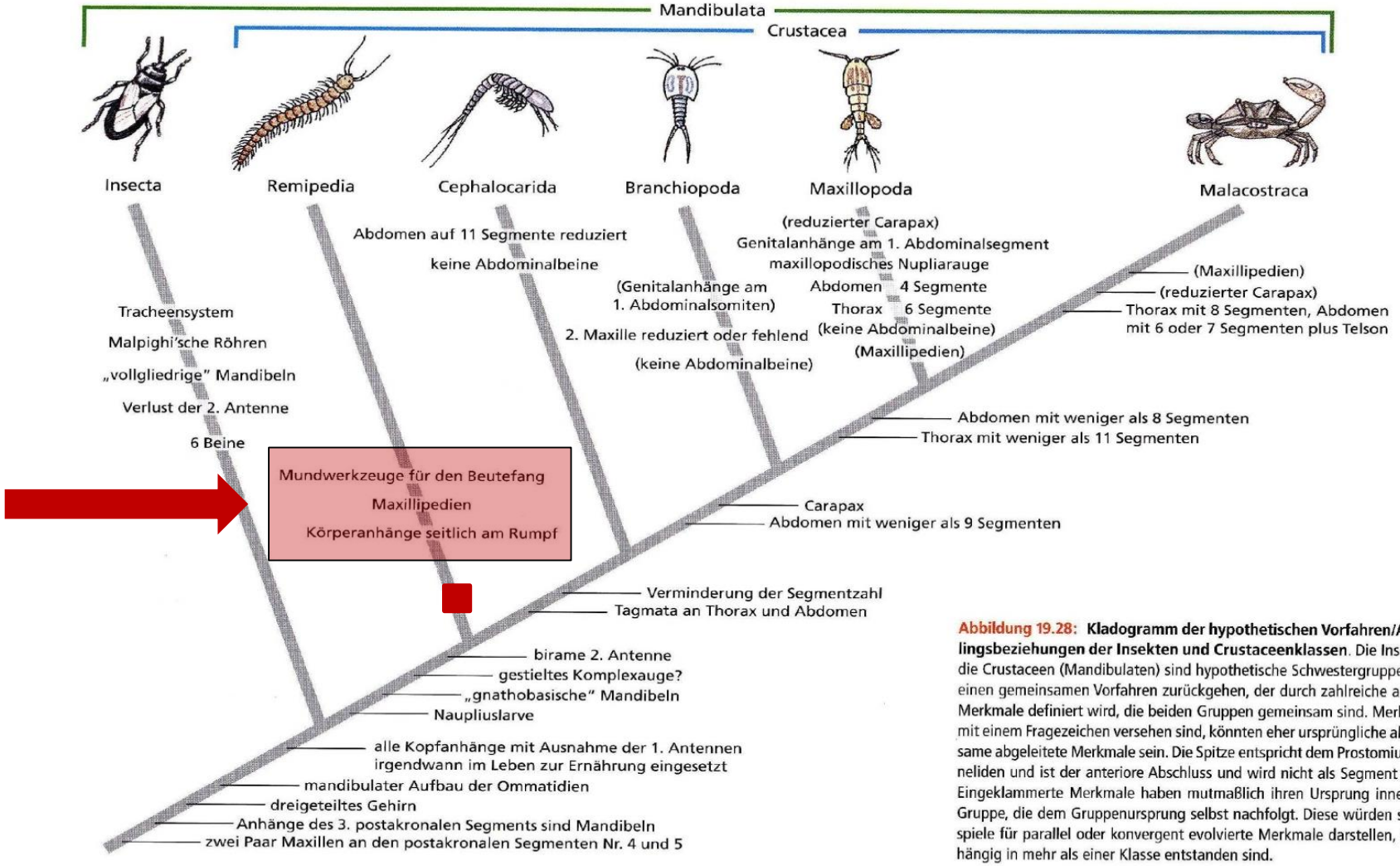
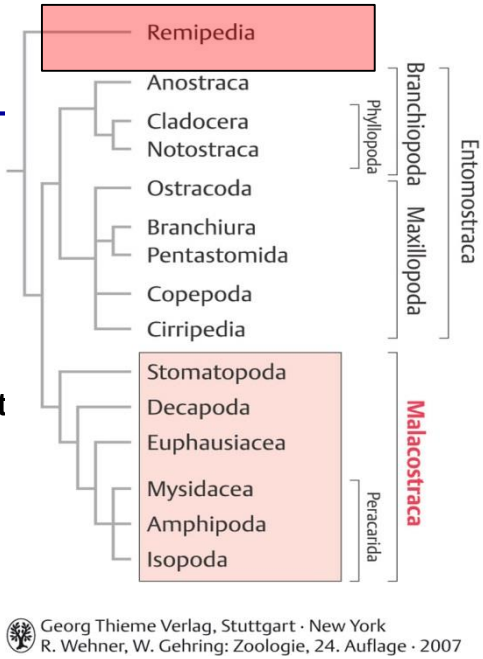


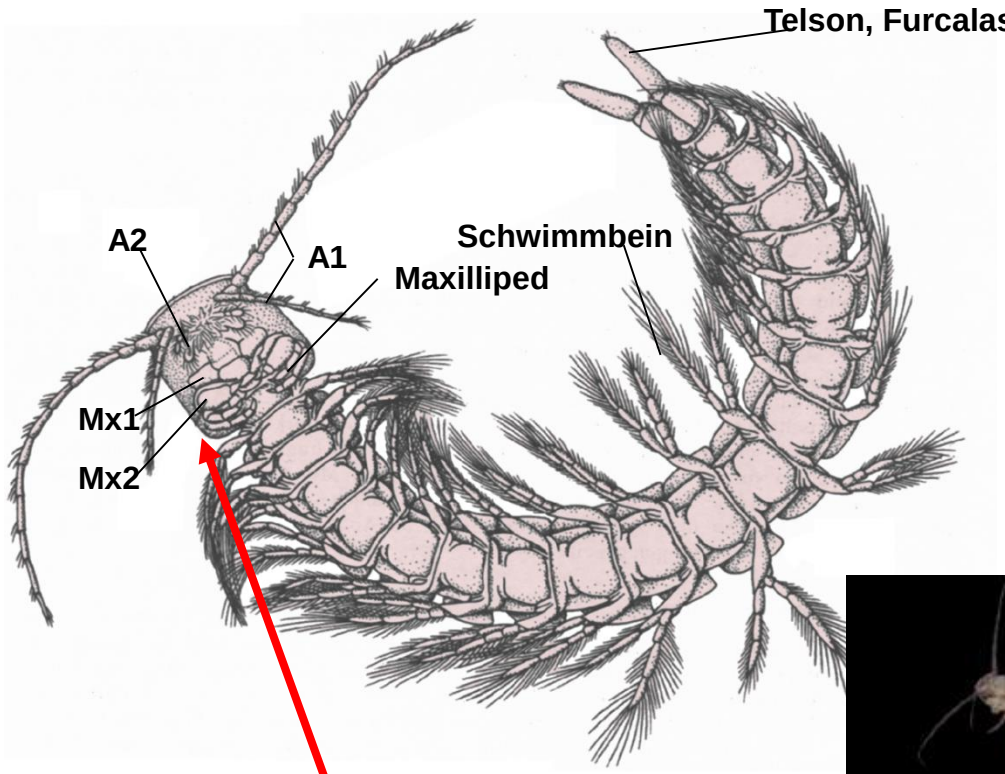
Abbildung 19.28: Kladogramm der hypothetischen Vorfahren/Abkömmlingsbeziehungen der Insekten und Crustaceenklassen. Die Insekten und die Crustaceen (Mandibulaten) sind hypothetische Schwestergruppen, die auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückgehen, der durch zahlreiche abgeleitete Merkmale definiert wird, die beiden Gruppen gemeinsam sind. Merkmale, die mit einem Fragezeichen versehen sind, könnten eher ursprüngliche als gemeinsame abgeleitete Merkmale sein. Die Spitze entspricht dem Prostomium der Anneliden und ist der anteriore Abschluss und wird nicht als Segment gewertet. Eingeklammerte Merkmale haben mutmaßlich ihren Ursprung innerhalb der Gruppe, die dem Gruppenursprung selbst nachfolgt. Diese würden somit Beispiele für parallel oder konvergent evolvierte Merkmale darstellen, die unabhängig in mehr als einer Klasse entstanden sind.

Hickman, 2008

Crustacea

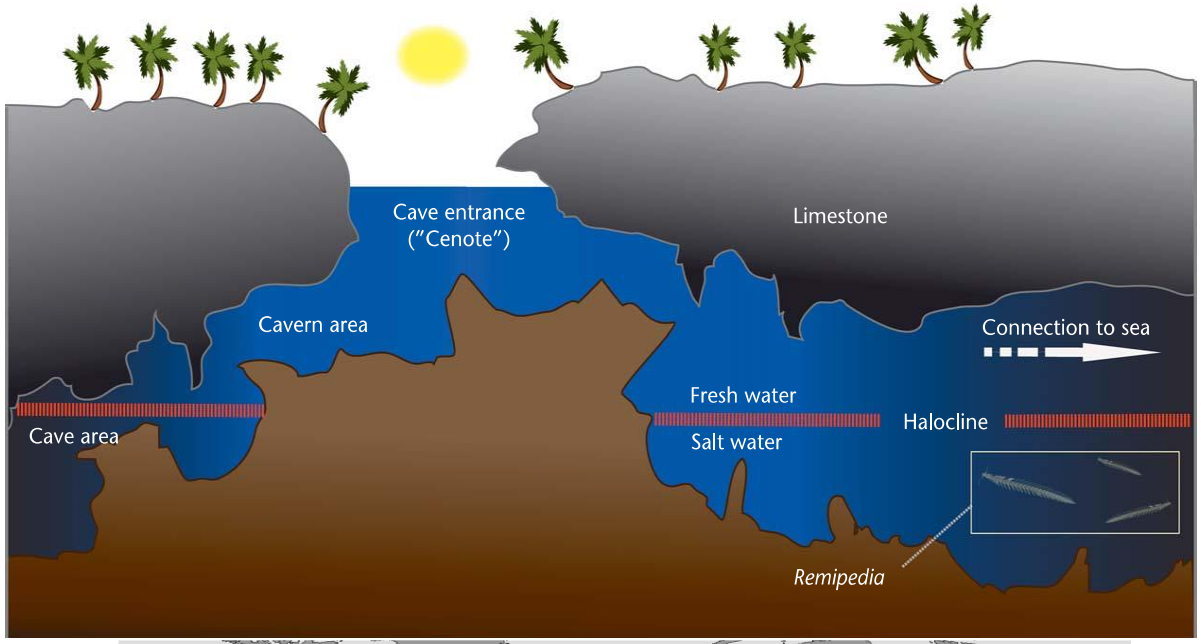
- **Remipedia**
  - **9 Arten,**
  - **marine Höhlenbewohner, im Sediment**

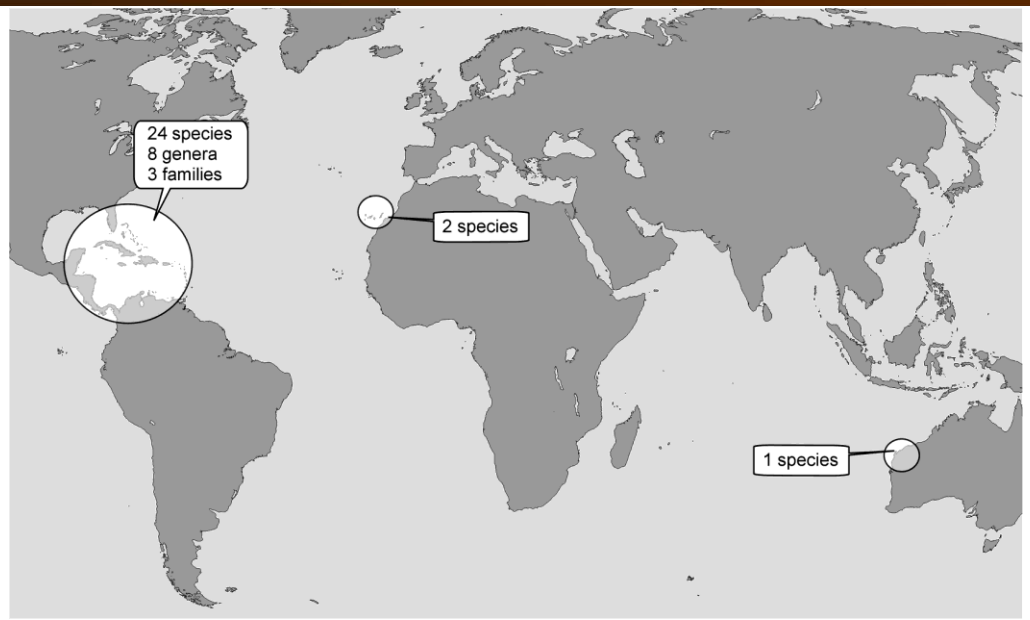




- Kopf mit Kopfschild
- Mx1 und Mx2 = einästige Greifextremitäten

Remipedia





aus Hoehnemann et al., 2013; von Reumont & Burmester, 2010

Crustacea – Cephalocarida

- **„*key innovations*“ = autapomorphe Merkmale**

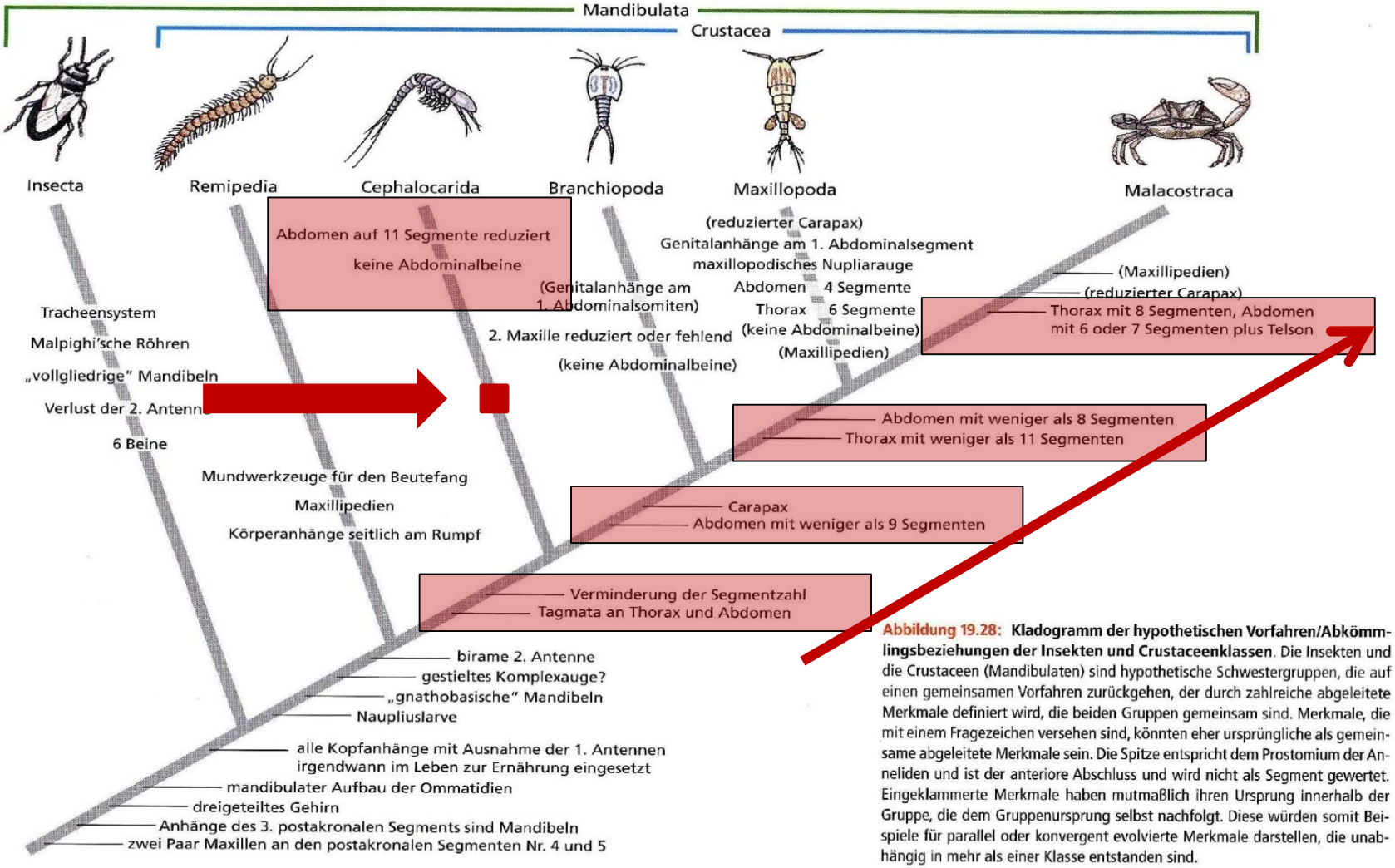
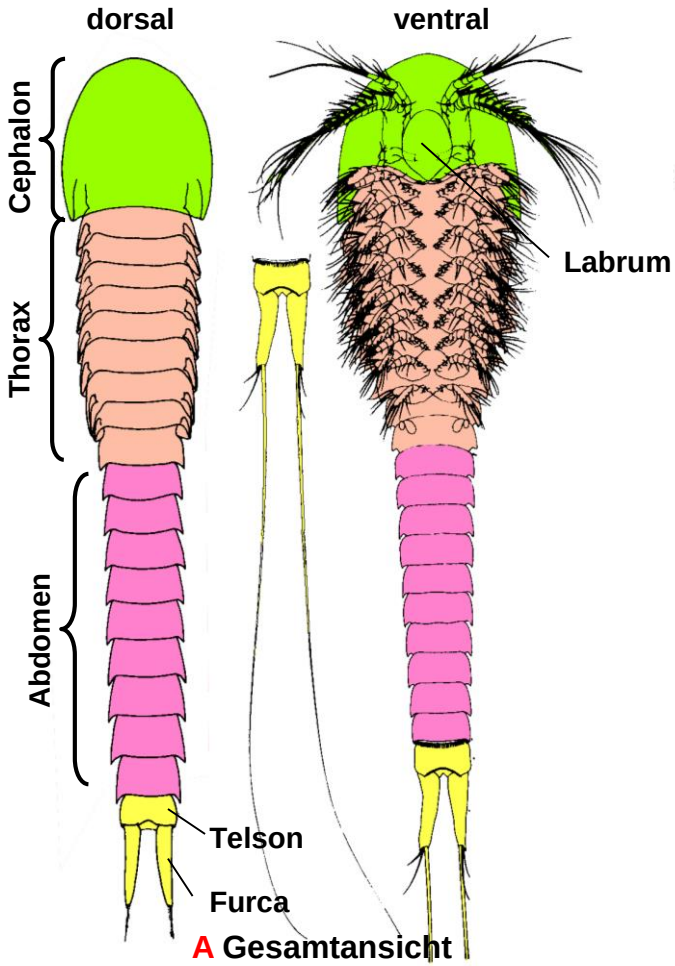


Abbildung 19.28: Kladogramm der hypothetischen Vorfahren/Abkömmlingsbeziehungen der Insekten und Crustaceenklassen. Die Insekten und die Crustaceen (Mandibulaten) sind hypothetische Schwestergruppen, die auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückgehen, der durch zahlreiche abgeleitete Merkmale definiert wird, die beiden Gruppen gemeinsam sind. Merkmale, die mit einem Fragezeichen versehen sind, könnten eher ursprüngliche als gemeinsame abgeleitete Merkmale sein. Die Spitze entspricht dem Prostomium der Anneliden und ist der anteriore Abschluss und wird nicht als Segment gewertet. Eingeklammerte Merkmale haben mutmaßlich ihren Ursprung innerhalb der Gruppe, die dem Gruppenursprung selbst nachfolgt. Diese würden somit Beispiele für parallel oder konvergent evolvierte Merkmale darstellen, die unabhängig in mehr als einer Klasse entstanden sind.

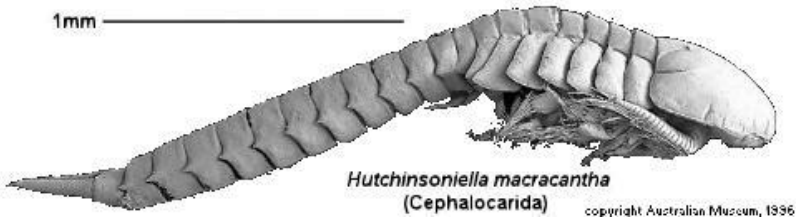
Hickman, 2008

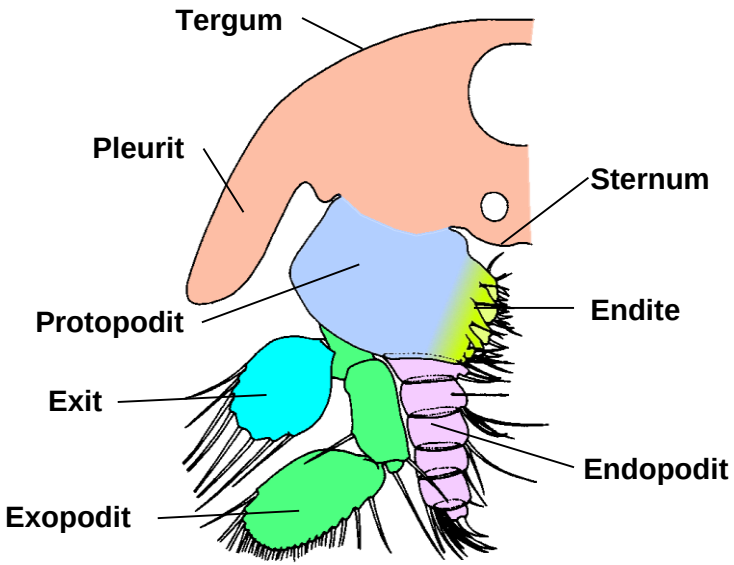
Crustacea

- **Cephalocarida – ca. 20 Arten, marin, im Sediment**



A Gesamtansicht





B Thoraxsegment mit Extremität

- 11 Abdominal - Segmente
- ohne Abdominal - Beine

Crustacea – Branchiopoda

- **„*key innovations*“ = autapomorphe Merkmale**

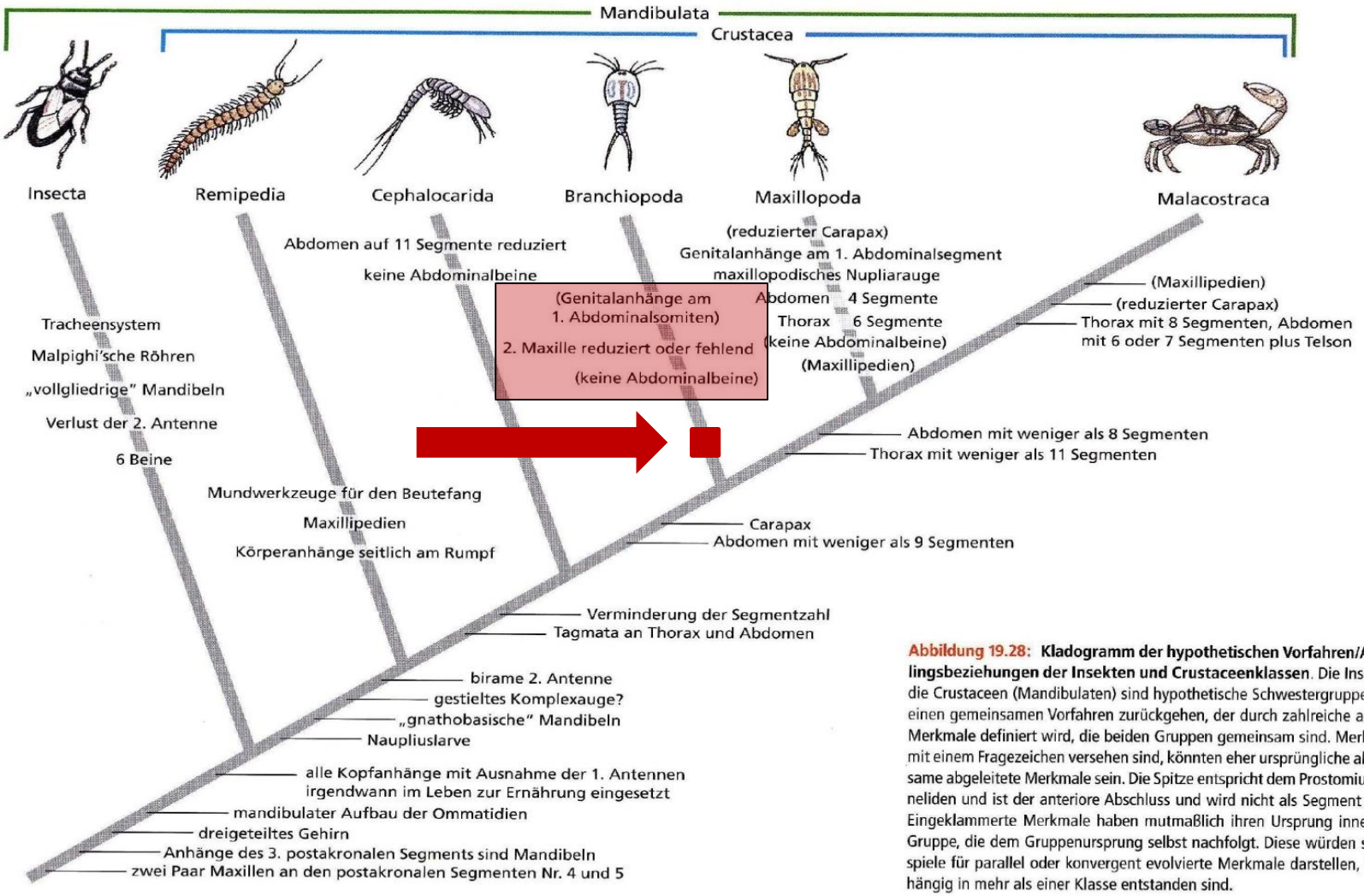


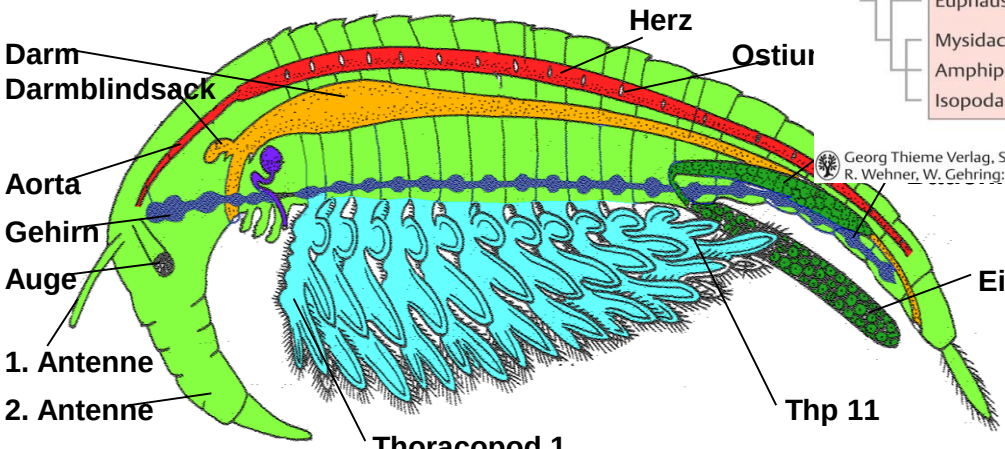
Abbildung 19.28: Kladogramm der hypothetischen Vorfahren/Abkömmlingsbeziehungen der Insekten und Crustaceenklassen. Die Insekten und die Crustaceen (Mandibulaten) sind hypothetische Schwestergruppen, die auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückgehen, der durch zahlreiche abgeleitete Merkmale definiert wird, die beiden Gruppen gemeinsam sind. Merkmale, die mit einem Fragezeichen versehen sind, könnten eher ursprüngliche als gemeinsame abgeleitete Merkmale sein. Die Spitze entspricht dem Prostomium der Anneliden und ist der anteriore Abschluss und wird nicht als Segment gewertet. Eingeklammerte Merkmale haben mutmaßlich ihren Ursprung innerhalb der Gruppe, die dem Gruppenursprung selbst nachfolgt. Diese würden somit Beispiele für parallel oder konvergent evolvierte Merkmale darstellen, die unabhängig in mehr als einer Klasse entstanden sind.

Hickman, 2008

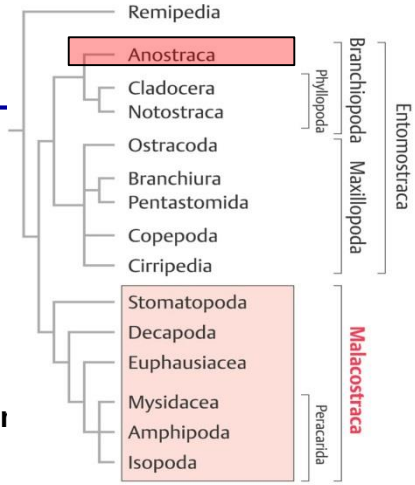
Crustacea – Anostraca

- **ca. 185 Arten – z.B. *Artemia salina, Salinenkrebs***

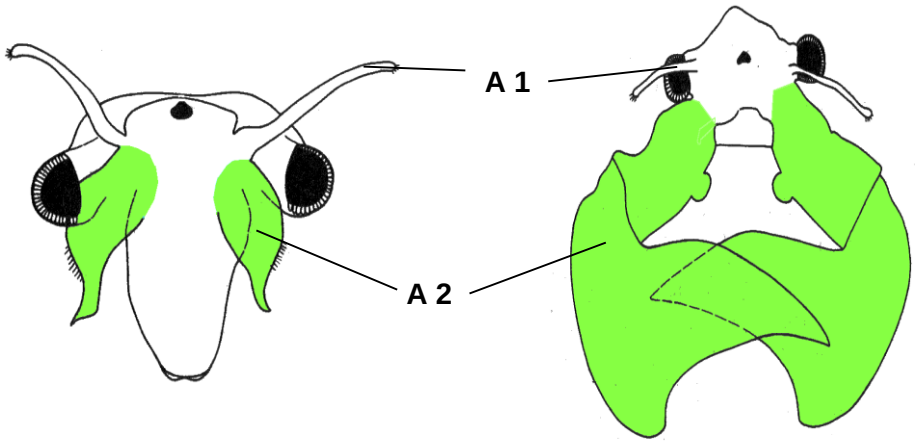
= auffallend geschlechtsdimorph



A) Bauplan eines generalisierten Vertreters der Anostraca



Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

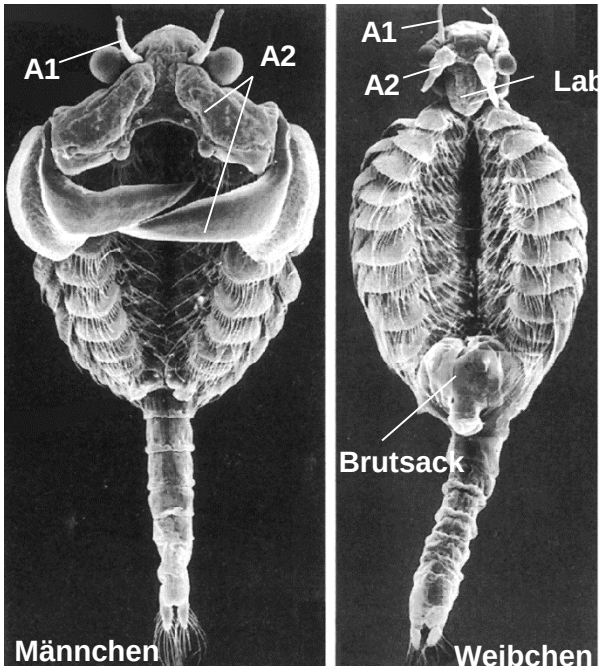


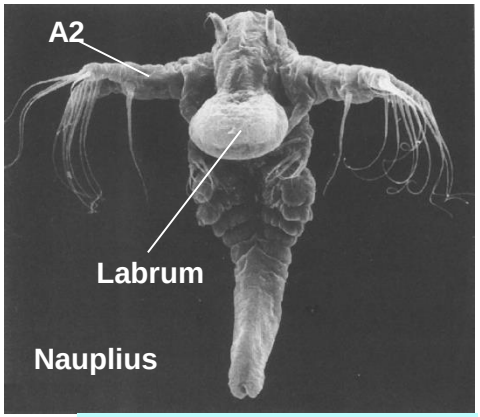
B) Kopf eines Weibchens

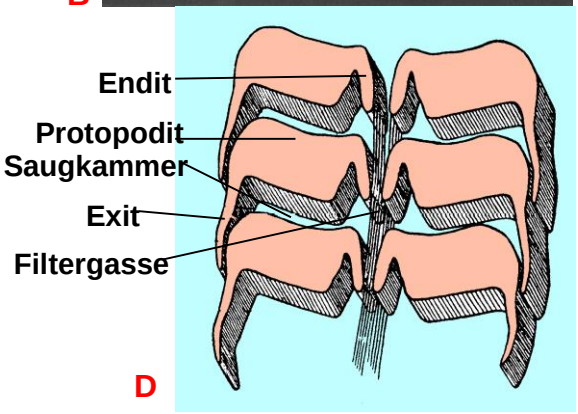
C) Kopf eines Männchens

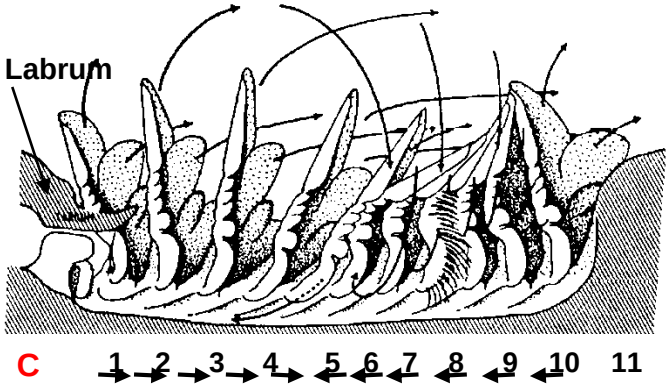
Crustacea – Anostraca

- ***Artemia salina***





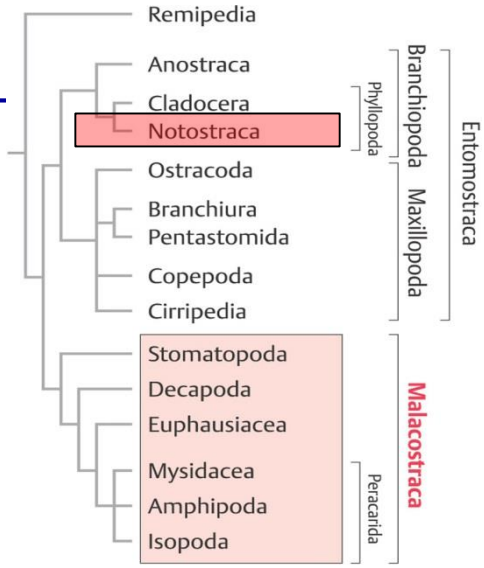


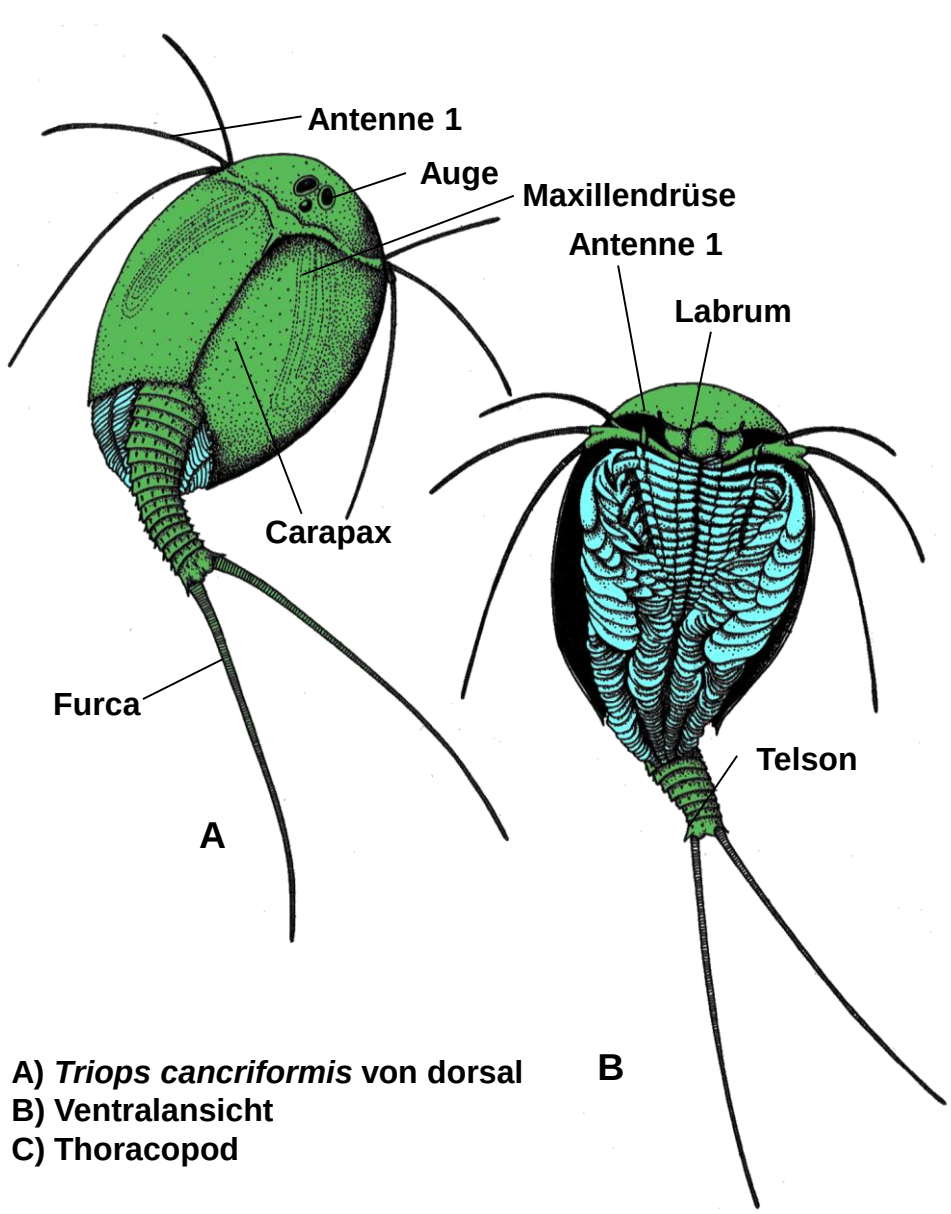


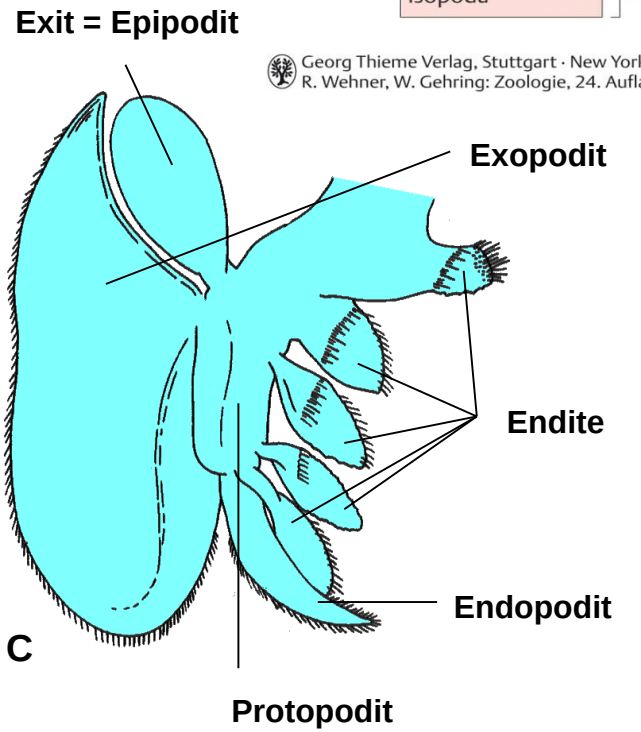
Nahrungserwerb bei *Artemia*

A = adulte Tiere mit Filterkorb, B = Nauplius mit Labrum als Stauvorrichtung, C = metachrones Schlagen der Beine zum Ansaugen, D = Schema der Filterkammern, die oben vom Endopodit und unten vom Sternum begrenzt sind.

Crustacea – Phyllopoda – Notostraca







Georg Thieme Verlag, Stuttgart · New York
R. Wehner, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007

A) *Triops cancriformis* von dorsal
B) Ventralansicht
C) Thoracopod

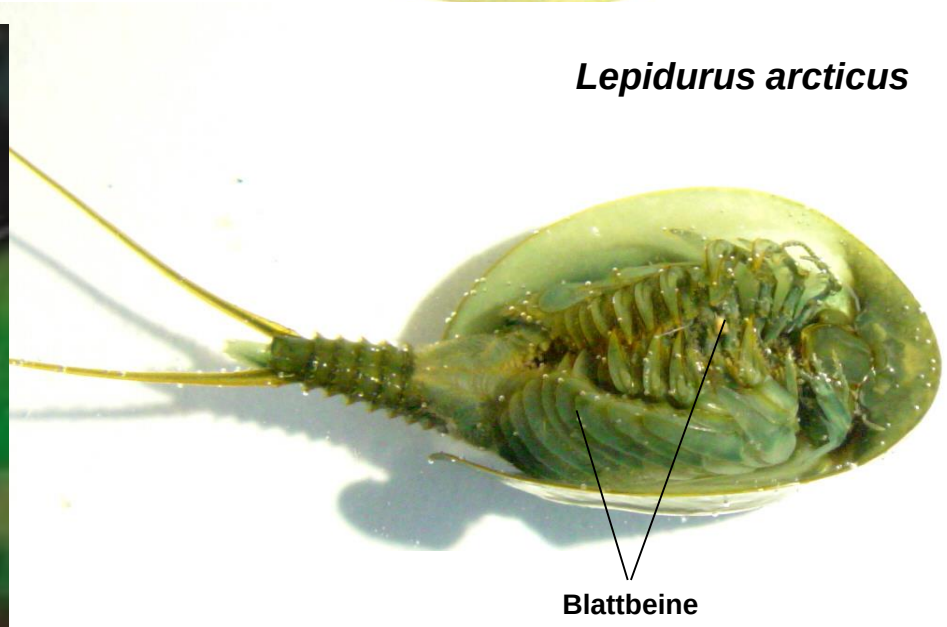
Phyllopodium

Crustacea – Branchiopoda – Phyllopoda (Notostraca)

- **Blattfußkrebse – 2 Gattungen (*Lepidurus* & *Triops*), ca. 1000 Arten**

Triops cancriformis

Lepidurus arcticus

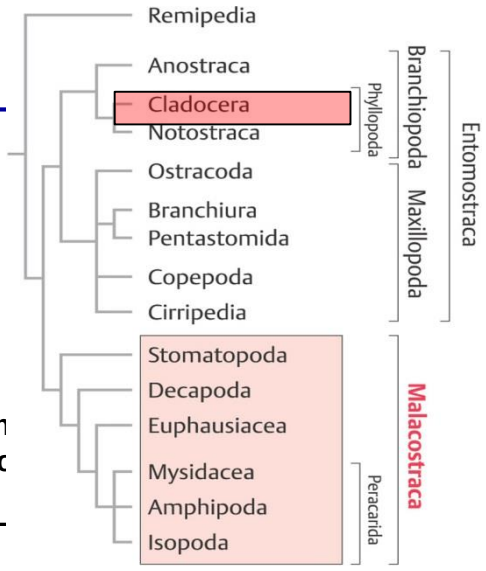


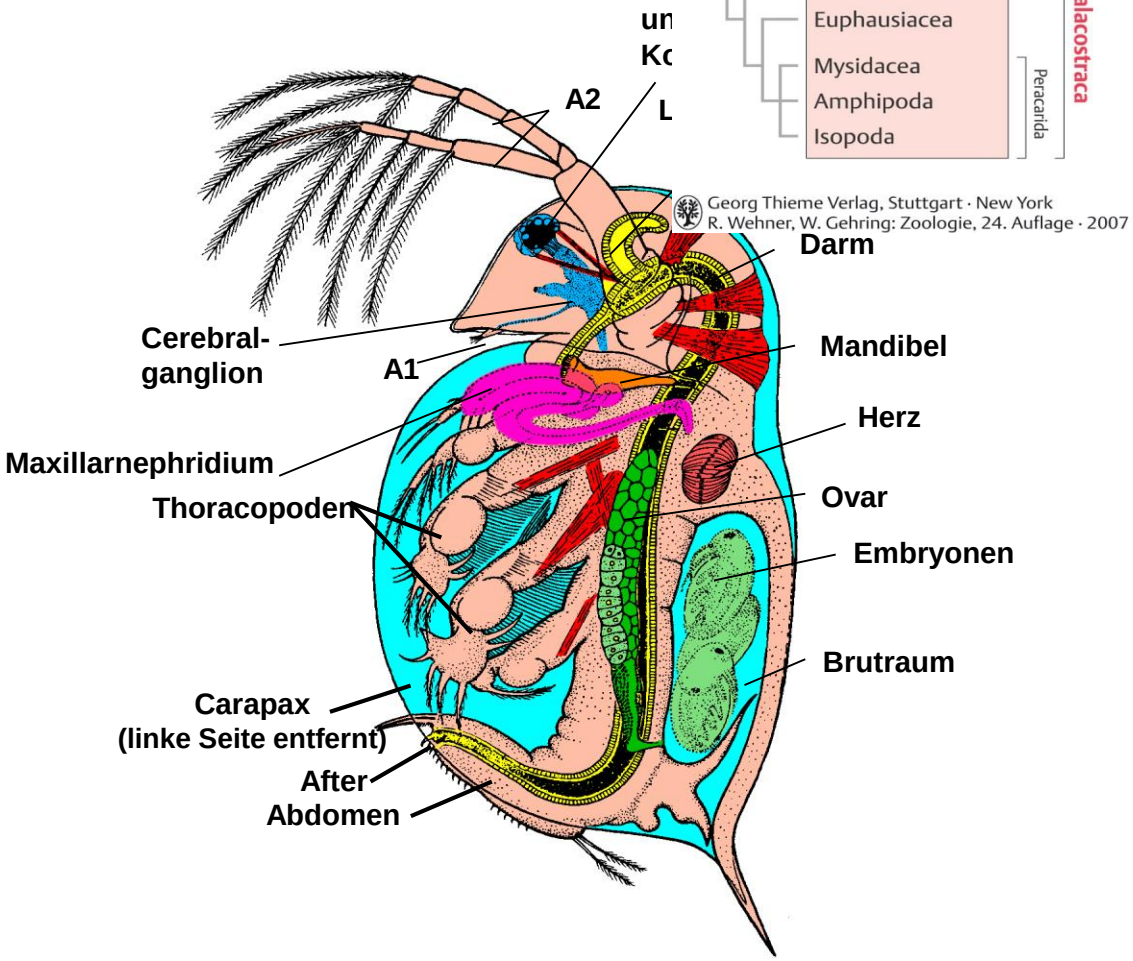
Crustacea – Phyllopoda

- **Cladocera, Wasserflöhe**

  Süßwasserbewohner

  - Heterogonie (GenWechel: parthenogen. + bisex.)





Crustacea – Maxillopoda

- **„*key innovations*“ = autapomorphe Merkmale**

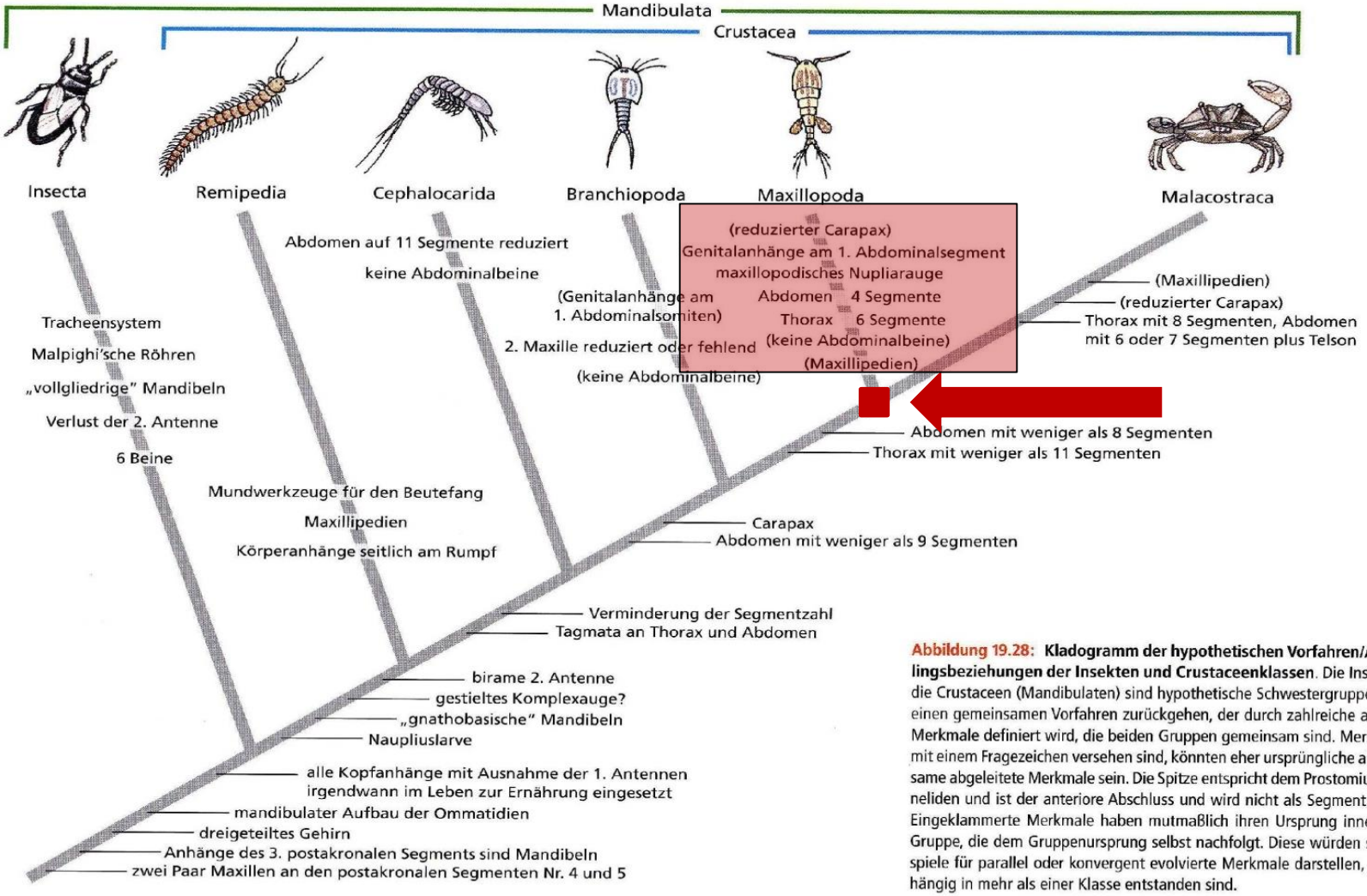
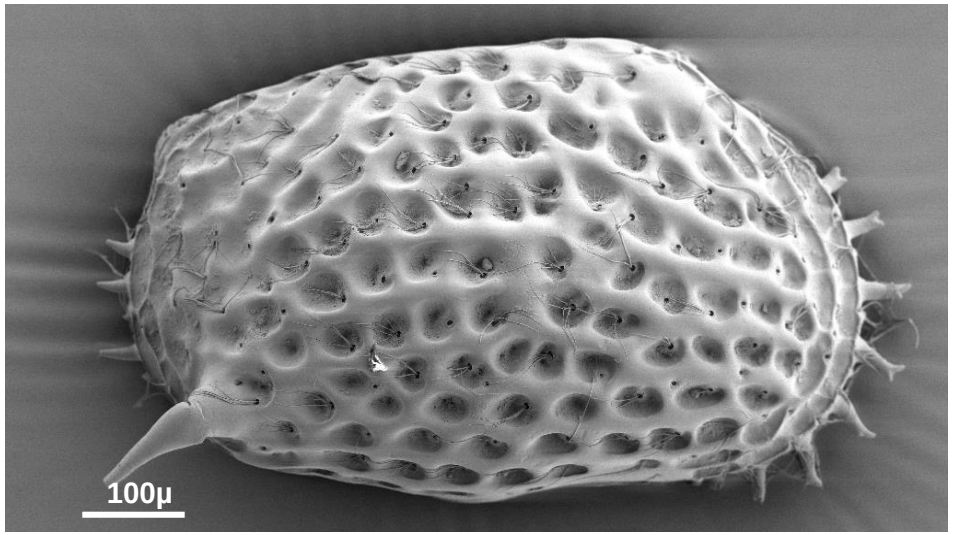


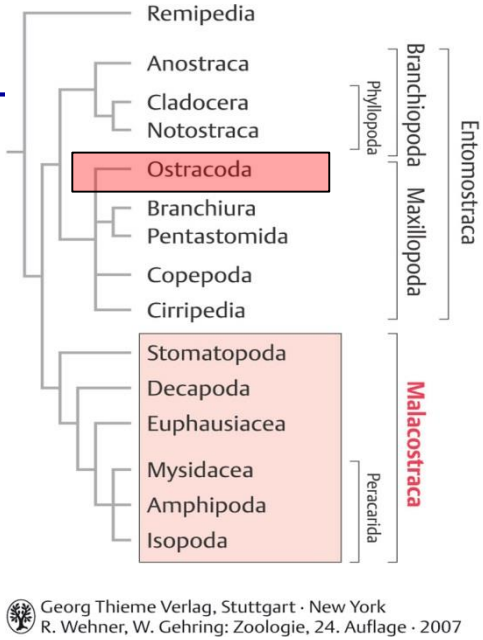
Abbildung 19.28: Kladogramm der hypothetischen Vorfahren/Abkömmlingsbeziehungen der Insekten und Crustaceenklassen. Die Insekten und die Crustaceen (Mandibulaten) sind hypothetische Schwestergruppen, die auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückgehen, der durch zahlreiche abgeleitete Merkmale definiert wird, die beiden Gruppen gemeinsam sind. Merkmale, die mit einem Fragezeichen versehen sind, könnten eher ursprüngliche als gemeinsame abgeleitete Merkmale sein. Die Spitze entspricht dem Prostomium der Anneliden und ist der anteriore Abschluss und wird nicht als Segment gewertet. Eingeklammerte Merkmale haben mutmaßlich ihren Ursprung innerhalb der Gruppe, die dem Gruppenursprung selbst nachfolgt. Diese würden somit Beispiele für parallel oder konvergent evolvierte Merkmale darstellen, die unabhängig in mehr als einer Klasse entstanden sind.

Hickman, 2008

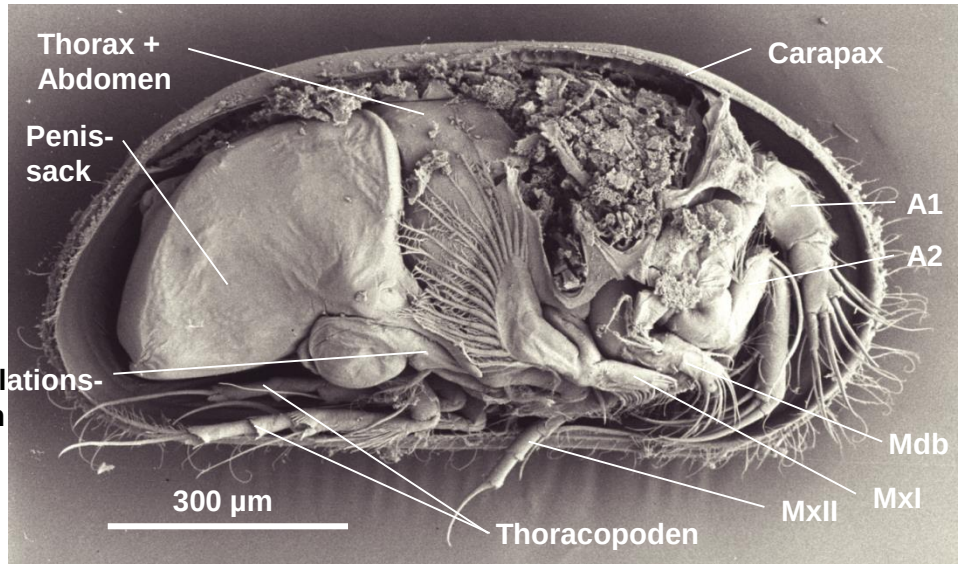
Crustacea – Maxillopoda

- **Ostracoda, Muschelkrebse - ca. 65.000 Arten (rez. & foss.)**





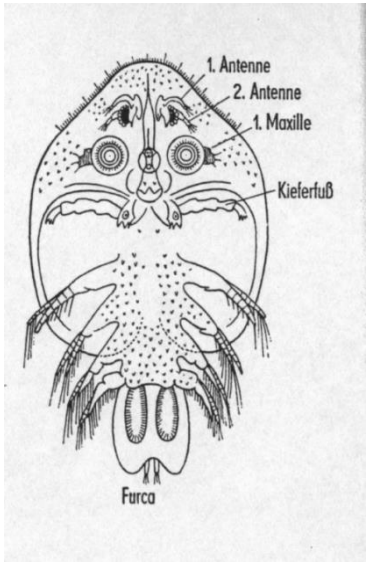
Außenansicht des Carapaxes

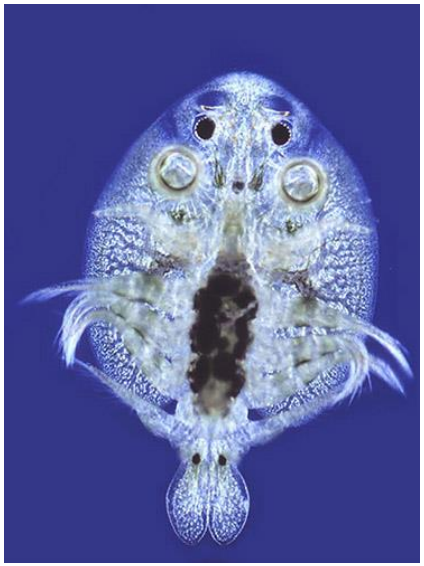


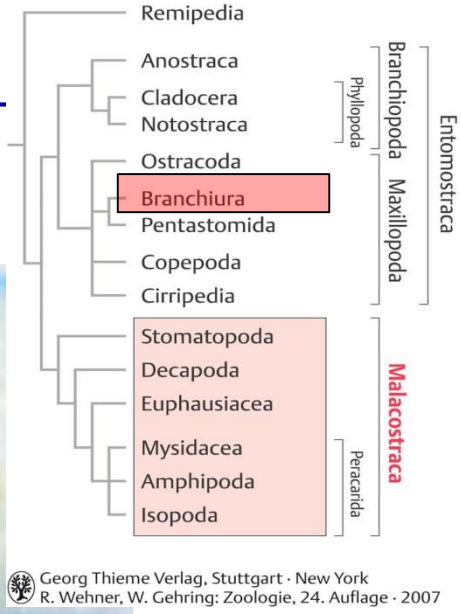
rechte Carapaxhälfte
abgenommen

Crustacea – Maxillopoda

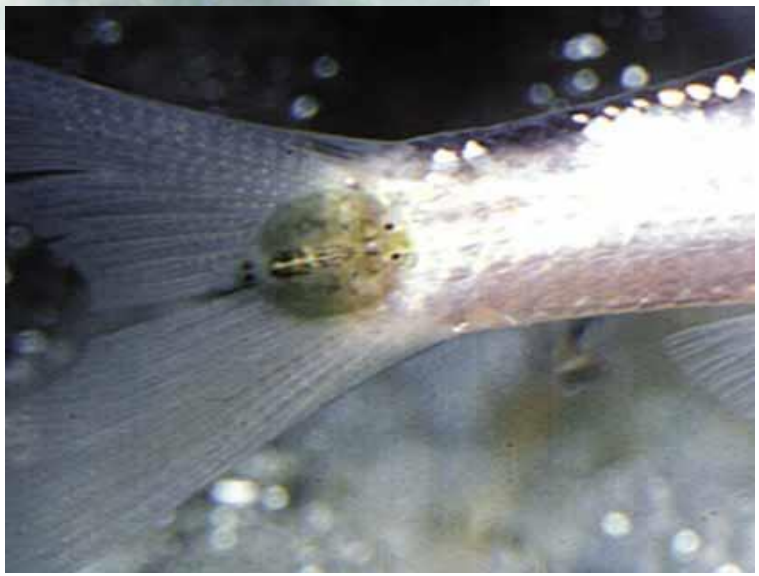
- **Branchiura, Fischläuse - ca. 130 Arten**







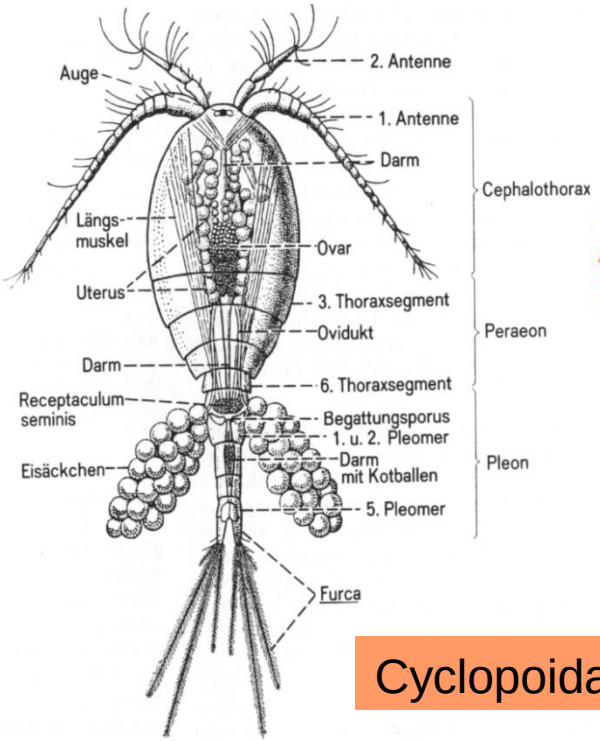
- Ektoparasiten an Fischen
- fressen Mucus oder Blut des Wirtes
- Körper stark dorsoventral abgeflacht
- 1. Maxille mit Saugnäpfen oder Haken



Argulus foliaceus

Crustacea – Maxillopoda

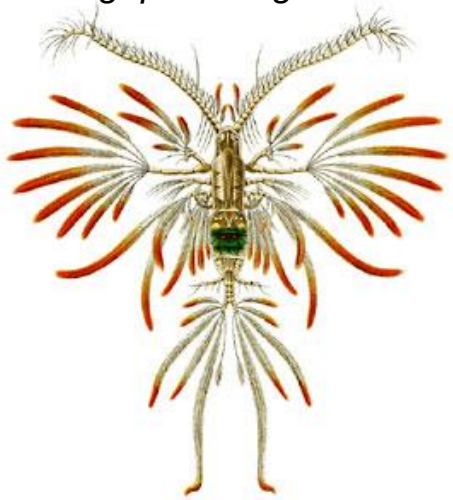
- **Copepoda, Ruderfußkrebse** **ca. 13.000 Arten**



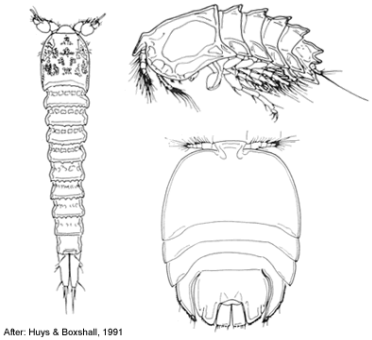
Cyclopoida

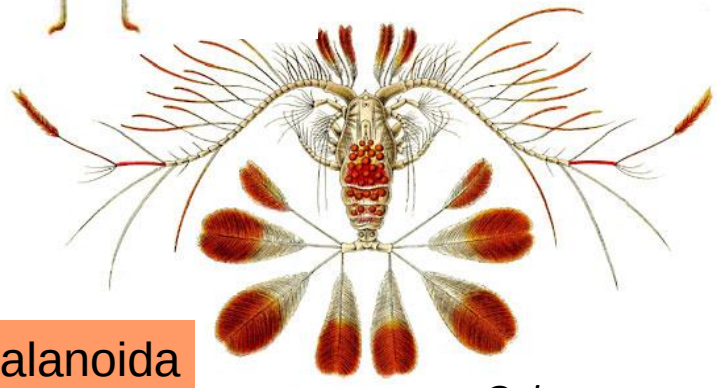
Macrocyclops albidus

Augaptilus filigerus



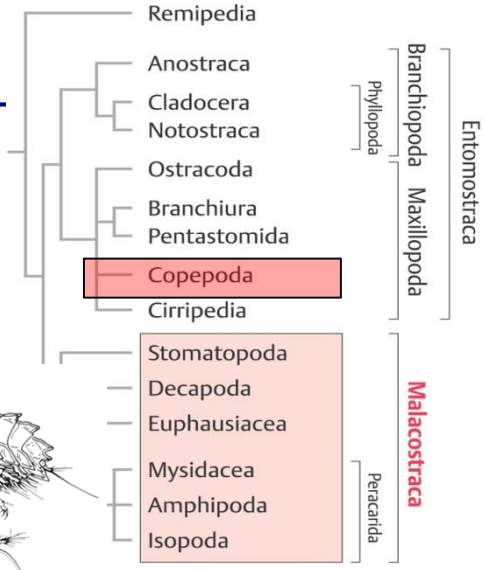
Harpacticoida





Calanoida

Calanus pavo



hieme Verlag, Stuttgart · New York
ıer, W. Gehring: Zoologie, 24. Auflage · 2007